Доклады Академии Наук СССР 1934
Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de l'URSS

МАТЕМАТИКА

Академик С. Н. БЕРНШТЕЙН

О ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОМ ИНТЕРПОЛИРОВАНИИ ПО СПОСОБУ НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ

Интерполирование по способу наименьших квадратов периодической функции $f(x)$, значения которой даны в равноотстоящих точках $\frac{2k\pi}{p}$ $(k=0, 1, \ldots, p-1)$, приводит к суммам

$$S_h(x)=\sum_0^h a_n\cos nx+b_n\sin nx, \qquad [1]$$

коэффициенты которых определяются формулами

$$a_0=\frac{1}{p}\sum_0^{p-1} f\left(\frac{2k\pi}{p}\right), \qquad a_n=\frac{2}{p}\sum_0^{p-1} f\left(\frac{2k\pi}{p}\right)\cos\frac{2kn}{p}\pi,$$
$$b_n=\frac{2}{p}\sum_0^{p-1} f\left(\frac{2k\pi}{p}\right)\sin\frac{2kn}{p}\pi \qquad [2]$$

при всяком $h<\frac{p}{2}$. Таким образом

$$S_h(x)=\frac{2}{p}\sum_0^{p-1} f\left(\frac{2k\pi}{p}\right)\left[\frac{1}{2}+\sum_1^h \cos n\left(x-\frac{2k\pi}{p}\right)\right]=$$
$$=\frac{1}{p}\sum_0^{p-1} f\left(\frac{2k\pi}{p}\right)\frac{\sin\frac{2h+1}{2}\left(x-\frac{2k\pi}{p}\right)}{\sin\frac{1}{2}\left(x-\frac{2k\pi}{p}\right)}. \qquad [3]$$

При $p=2m+1$ нечетном, последняя формула обращается в формулу точного интерполирования Лагранжа, когда $h=m=\frac{p-1}{2}$. В случае $p=2m$, точная интерполяционная формула порядка m, все коэффициенты которой для $n<m$ попрежнему даны формулами [2], получает форму

$$S_m^*(x)=\frac{\sin mx}{2m}\sum_1^{2m}(-1)^k f\left(\frac{k\pi}{m}\right)\operatorname{ctg}\frac{1}{2}\left(x-\frac{k\pi}{m}\right)+b\sin mx, \qquad [3^*]$$

где b — произвольная постоянная.

Из [3] легко вывести, что при условии

$$\left|f\left(\frac{2k\pi}{p}\right)\right|\leqslant 1$$

соблюдается неравенство

$$|S_h(x)|<\frac{1}{p}\sum_{0}^{p-1}\left|\frac{\sin\frac{2h+1}{2}\left(x-\frac{2k\pi}{p}\right)}{\sin\frac{1}{2}\left(x-\frac{2k\pi}{p}\right)}\right|<\frac{1}{p}\left[p+2\sum_{n_0}^{\left[\frac{p}{2}\right]}\frac{1}{\sin\frac{2k+1}{2p}\pi}\right]< \tag{5}$$

$$<1+2\left[\frac{1}{2n_0+1}+\frac{1}{2n_0+3}+\ldots+\frac{1}{p}\right]<\log(2h+1)+2,$$

где $n_0=\left[\frac{p}{2h+1}\right]$, т. е. порядок возрастания $S_h(x)$ при всяком x не выше $\log h$.

Из [5], применяя известные рассуждения, находим, что (при всяком x)

$$|f(x)-S_h(x)|<[\log(2h+1)+3]\,E_h f(x), \tag{6}$$

где $E_h f(x)$ означает наилучшее приближение $f(x)$ посредством сумм порядка h.

Еще более удовлетворительный результат получается, если взять среднюю из сумм S_h по образцу Фейера.

Действительно, полагая $\sigma_h=\frac{s_0+s_1+\ldots+s_{h-1}}{h}$, находим, вследствие [3], что

$$\sigma_h=\frac{1}{hp}\sum_{k=0}^{p-1}f\left(\frac{2k\pi}{p}\right)\sum_{l=1}^{h}\frac{\sin\frac{2l-1}{2}\left(x-\frac{2k\pi}{p}\right)}{\sin\frac{1}{2}\left(x-\frac{2k\pi}{p}\right)}=\frac{1}{hp}\sum_{k=0}^{p-1}f\left(\frac{2k\pi}{p}\right)\left[\frac{\sin\frac{h}{2}\left(x-\frac{2k\pi}{p}\right)}{\sin\frac{1}{2}\left(x-\frac{2k\pi}{p}\right)}\right]^2. \tag{7}$$

Но, замечая, что $\sigma_h=1$, если $f\left(\frac{2k\pi}{p}\right)=1$, заключаем, что из условия [4] следует

$$|\sigma_h|\leqslant 1 \tag{8}$$

при любых x и $h\leqslant\frac{p}{2}$.

Отсюда, применяя обычные рассуждения, легко вывести, что при неограниченном возрастании h разность $\sigma_h(x)-f(x)$ равномерно стремится к нулю, какова бы ни была непрерывная периодическая функция $f(x)$.

Можно также рассматривать более общий случай, когда

$$\sum_{l}^{(h)}=\frac{S_l+S_{l+1}+\ldots+S_{l+h-1}}{h}= \tag{9}$$

$$\frac{1}{hp}\sum_{k=0}^{p-1}f\left(\frac{2k\pi}{p}\right)\frac{\sin\left(l+\frac{h}{2}\right)\left(x-\frac{2k\pi}{p}\right)\sin\frac{h}{2}\left(x-\frac{2k\pi}{p}\right)}{\left[\sin\frac{1}{2}\left(x-\frac{2k\pi}{p}\right)\right]^2}.$$

В данном случае $\sum_l^{(h)}$ также ограничено, если $\frac{l}{h}$ ограничено. Для этого достаточно заметить, что

$$\sum_{k=0}^{p-1}\left|\frac{\sin\left(l+\frac{h}{2}\right)\left(x-\frac{2k\pi}{p}\right)\sin\frac{h}{2}\left(x-\frac{2k\pi}{p}\right)}{\left[\sin\frac{1}{2}\left(x-\frac{2k\pi}{p}\right)\right]^2}\right| \leqslant$$

$$\leqslant\sqrt{\sum_0^{p-1}\left[\frac{\sin\left(l+\frac{h}{2}\right)\left(x-\frac{2k\pi}{p}\right)}{\sin\frac{1}{2}\left(x-\frac{2k\pi}{p}\right)}\right]^2\sum_0^{p-1}\left[\frac{\sin\frac{h}{2}\left(x-\frac{2k\pi}{p}\right)}{\sin\frac{1}{2}\left(x-\frac{2k\pi}{p}\right)}\right]^2}=\frac{p}{2}\sqrt{h(2l+h)}.$$

Поэтому, при условии [4] имеет место неравенство

$$\left|\sum_l^{(h)}\right|\leqslant\sqrt{\frac{2l+h}{h}}. \qquad [10]$$

Замечая, что $\sum_l^{(h)}=S_l$, если $f\left(\frac{2k\pi}{p}\right)$ являются точными значениями суммы порядка не выше l, из [10] выводим неравенство

$$\left|f(x)-\sum_l^{(h)}\right|<\left[1+\sqrt{\frac{2l+h}{h}}\right]E_l(f(x)), \qquad [11]$$

которое показывает, что $\sum_l^{(h)}$ (представляющая собой сумму порядка $l+h-1$) дает для любой функции $f(x)$ приближение порядка не ниже, чем наилучшее приближение $E_l\,f(x)$ посредством сумм порядка l (полагая $\frac{l}{h}$ ограниченным).

Отметим еще другое свойство сумм $S_h(x)$, аналогичное свойству частичных сумм Фурье, доказанному мною в заметке „Sur un procédé de sommation des séries trigonométriques“ (1). При условии [4], $S_h(x)+S_h\left(x+\frac{2\pi}{2h+1}\right)$ остается ограниченной, каковы бы ни были x и $h\leqslant\frac{p}{2}$.

Для определенности и краткости я ограничусь изложением вывода лишь при условии, что $h=m$ и $p=2m+1$ (следовательно, $S_m(x)$ есть произвольная тригонометрическая сумма, определенная значениями, которые она принимает в точках $\frac{2k\pi}{p}$).

Из равенства

$$H_m(x)=\sum_0^m(a_n\cos nx+b_n\sin nx)\cos\frac{n\pi}{2m+1}=$$

$$=\frac{1}{2}\left[S_m\left(x+\frac{\pi}{2m+1}\right)+S_m\left(x-\frac{\pi}{2m+1}\right)\right]=$$

$$=\frac{\cos\frac{2m+1}{2}x}{2(2m+1)}\sum_{k=0}^{2m}(-1)^k f\left(\frac{2k\pi}{2m+1}\right)\left[\frac{1}{\sin\frac{1}{2}\left(x-\frac{2k-1}{2m+1}\pi\right)}-\right. \qquad [12]$$

$$\left.-\frac{1}{\sin\frac{1}{2}\left(x-\frac{2k+1}{2m+1}\pi\right)}\right],$$

предполагая (как мы вправе это сделать без нарушения общности), что $0 \leqslant x \leqslant \frac{\pi}{2m+1}$, заключаем, что

$$|H_m(x)| \leqslant \frac{1}{2}\left|\frac{\cos\frac{2m+1}{2}x}{2m+1}\right| \sum_0^{2m}\left|\frac{1}{\sin\frac{1}{2}\left(x-\frac{2\cdot-1}{2m+1}\pi\right)} - \frac{1}{\sin\frac{1}{2}\left(x-\frac{2k+1}{2m+1}\pi\right)}\right| =$$

$$= \frac{\cos\frac{2m+1}{2}x}{2(2m+1)}\left[\frac{1}{\sin\frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{2m+1}-x\right)} + \frac{1}{\sin\frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{2m+1}+x\right)} + \frac{1}{\sin\frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{2m+1}-x\right)} - \right.$$

$$- \frac{1}{\sin\frac{1}{2}\left(\frac{3\pi}{2m+1}-x\right)} + \ldots + \frac{1}{\sin\frac{1}{2}\left(\frac{2m-1}{2m+1}\pi-x\right)} - \frac{1}{\sin\frac{1}{2}\left(\frac{2m+1}{2m+1}\pi-x\right)} +$$

$$+ \frac{1}{\sin\frac{1}{2}\left(x+\frac{2m-1}{2m+1}\pi\right)} - \frac{1}{\sin\frac{1}{2}\left(x+\frac{2m+1}{2m+1}\pi\right)} + \ldots + \frac{1}{\sin\frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{2m+1}+x\right)} -$$

$$\left. - \frac{1}{\sin\frac{1}{2}\left(\frac{3\pi}{2m+1}+x\right)}\right] = \frac{\cos\frac{2m+1}{2}}{2m+1}\left[\frac{1}{\sin\frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{2m+1}-x\right)} + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{\sin\frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{2m+1}+x\right)} - \frac{1}{\cos\frac{x}{2}}\right],$$

причем знак равенства соответствует случаю, когда $f\left(\frac{2k\pi}{2m+1}\right) = (-1)^{k-1}$ где $0 < k \leqslant m$ и $f\left(\frac{2k\pi}{2m+1}\right) = (-1)^k$, если $k = 0$ и $k > m$. Тогда сумма $H_m(x)$ порядка m, обращаясь в нуль в точках $\frac{2k+1}{2m+1}\pi$, при $2m-2$ значениях k, не делящихся на m, достигает абсолютного максимума при $x = 0$. Откуда следует неравенство

$$|H_m(x)| \leqslant \frac{1}{2m+1}\left[\frac{2}{\sin\frac{\pi}{4m+2}} - 1\right] < \frac{4}{\pi}. \qquad [13]$$

Аналогичным образом, при $p = 2m$, из условия [4] при помощи формулы [3*] получается неравенство

$$\frac{1}{2}\left|S_m^*\left(x+\frac{\pi}{2m}\right) + S_m^*\left(x-\frac{\pi}{2m}\right)\right| \leqslant \frac{\cos mx}{2m}\left[\operatorname{ctg}\frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{2m}-x\right) + \right.$$

$$\left. + \operatorname{ctg}\frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{2m}+x\right)\right] \leqslant \frac{1}{m}\operatorname{ctg}\frac{\pi}{4m} < \frac{4}{\pi}, \qquad [13^*]$$

в котором знак равенства осуществляется для $x = 0$, если

$$S_m^*\left(\pm\frac{k\pi}{m}\right) = (-1)^{k-1} \quad \text{и} \quad S_m^*(0) = 1.$$

Применим, в качестве примера, полученные результаты к оценкам некоторых сумм, связанных с суммами Гаусса. Пользуясь символом Якоби $\left(\frac{k}{p}\right)$, где p есть нечетное число без квадратных множителей, пола-

гаем $f\left(\frac{2\pi}{p}\right)=\left(\frac{k}{p}\right)$. Согласно формулам [2] и известным свойствам символа Якоби, интерполяционная формула Лагранжа дает ($p=2m+1$)

$$S_m(x)=\frac{2}{\sqrt{p}}\sum_1^m\left(\frac{n}{p}\right)\cos nx \quad \text{или} \quad S_m(x)=\frac{2}{\sqrt{p}}\sum_1^m\left(\frac{n}{p}\right)\sin nx, \qquad [14]$$

в зависимости от того, четное или нечетное число m.

Таким образом, вследствие [5], все частичные суммы $S_h(x)$, где $h\leqslant m$ при всяком x, будут порядка не выше $\log h$. С другой стороны, вследствие [8], соблюдаются неравенства *

$$\left|\sum_1^h\left(\frac{n}{p}\right)(h-n)\cos nx\right|\leqslant\frac{h\sqrt{p}}{2}, \quad \left|\sum_1^h\left(\frac{n}{p}\right)(h-n)\sin nx\right|\leqslant\frac{h\sqrt{p}}{2}. \qquad [15]$$

Аналогичные неравенства получаются, применяя [10]. Применение [13] дает, при любом x, неравенства

$$\left|\sum_1^{\frac{p-1}{2}}\left(\frac{n}{p}\right)\cos\frac{n\pi}{p}\cos nx\right|\leqslant\frac{2}{\pi}\sqrt{p}, \quad \left|\sum_1^{\frac{p-1}{2}}\left(\frac{n}{p}\right)\cos\frac{n\pi}{p}\sin nx\right|\leqslant\frac{2}{\pi}\sqrt{p}. \qquad [16]$$

Кроме того, суммы

$$\frac{2}{\sqrt{p}}\sum_1^h\left(\frac{n}{p}\right)\cos\frac{n\pi}{2h+1}\cos nx \quad \text{или} \quad \frac{2}{\sqrt{p}}\sum_1^h\left(\frac{n}{p}\right)\cos\frac{n\pi}{2h+1}\sin nx$$

также ограничены.

Поступило
23 VII 1934.

MATHÉMATIQUES

SUR L'INTERPOLATION TRIGONOMÉTRIQUE PAR LA MÉTHODE DES MOINDRES CARRÉS

Par S. BERNSTEIN, de l'Académie

L'interpolation des fonctions périodiques par la méthode des moindres carrés, lorsque les valeurs de $f(x)$ sont données en p points équidistants $\frac{2k\pi}{p}$ ($k=0, 1, \ldots, p-1$), conduit aux sommes [1]** ou [3] avec les coefficients [2], quel que soit $h<\frac{p}{2}$.

Pour $p=2m+1$ impair, la formule se réduit à la formule d'interpolation exacte de Lagrange, lorsqu'on fait $h=m=\frac{p-1}{2}$. Dans le cas de $p=2m$ pair, on ne peut pas faire $h=m$, et alors la formule d'interpolation exacte d'ordre m, dont tous les coefficients pour $n\leqslant m$ sont toujours donnés par [2], est remplacée par [3*].

* Эти неравенства являются обобщением тех, которые были даны мною в статьях „Об абсолютной сходимости тригонометрических рядов“ (2) и „Sur certaines fonctions périodiques s'écartant le moins de zéro“ (3).

** Voir les expressions portant le numéro correspondant dans le texte russe.

Il est facile de déduire de [3] que, si

$$\left|f\left(\frac{2k\pi}{p}\right)\right| \leqslant 1, \qquad [4]$$

on a, en posant

$$n_0 = \left[\frac{p}{2h+1}\right],$$

l'inégalité [5].

D'où l'on déduit [6] en désignant par $E_h f(x)$ la meilleure approximation de $f(x)$ par des sommes trigonométriques d'ordre h.

On obtient un résultat encore plus satisfaisant en formant les moyennes de sommes $S_h(x)$ analogues à celles de Fejer.

Soit, en effet,

$$\sigma_h = \frac{S_0 + S_1 + \ldots + S_{h-1}}{h}.$$

On a, d'après [3],

$$\sigma_h = \frac{1}{hp} \sum_{k=0}^{p-1} f\left(\frac{2k\pi}{p}\right) \sum_{l=1}^{h} \frac{\sin \frac{2l+1}{2}\left(x - \frac{2k\pi}{p}\right)}{\sin \frac{1}{2}\left(x - \frac{2k\pi}{p}\right)} = \qquad [7]$$

$$= \frac{1}{hp} \sum_{k=0}^{p-1} f\left(\frac{2k\pi}{p}\right) \left[\frac{\sin \frac{h}{2}\left(x - \frac{2k\pi}{p}\right)}{\sin \frac{1}{2}\left(x - \frac{2k\pi}{p}\right)}\right]^2.$$

Puisqu'on a évidemment $\sigma_h = 1$, lorsque $f\left(\frac{2k\pi}{p}\right) = 1$, il en résulte que la condition [4] entraîne que

$$|\sigma_h| \leqslant 1, \qquad [8]$$

quels que soient x et $h < \frac{p}{2}$.

Il est aisé de déduire de là que, h croissant infiniment, $\sigma_h - f(x)$ tend uniformément vers 0, quelle que soit la fonction continue périodique $f(x)$.

On peut aussi considérer les moyennes générales

$$\sum_{l}^{(h)} \frac{S_l + S_{l+1} + \ldots + S_{l+h-1}}{h} =$$

$$= \frac{1}{hp} \sum_{0}^{p-1} \frac{\sin\left(l + \frac{h}{2}\right)\left(x - \frac{2k\pi}{p}\right) \sin \frac{h}{2}\left(x - \frac{2k\pi}{p}\right)}{\left[\sin \frac{1}{2}\left(x - \frac{2k\pi}{p}\right)\right]^2} f\left(\frac{2k\pi}{p}\right). \qquad [9]$$

Actuellement $\sum_{l}^{(h)}$ est également borné, tant que $\frac{l}{h}$ reste borné. En effet, on a manifestement

$$\sum_{k=0}^{p-1} \left| \frac{\sin\left(l + \frac{h}{2}\right)\left(x - \frac{2k\pi}{p}\right) \sin \frac{h}{2}\left(x - \frac{2k\pi}{p}\right)}{\left[\sin \frac{1}{2}\left(x - \frac{2k\pi}{p}\right)\right]^2} \right| \leqslant$$

$$\leqslant \frac{2m+1}{2} \sqrt{h\,(2l+h)}.$$

Donc, on a, sous la condition [4],

$$\left|\sum_l^{(h)}\right| \leqslant \sqrt{\frac{2l+h}{h}}. \qquad [10]$$

En remarquant que $\sum_l^{(h)} = S_l$ toutes les fois que les valeurs $f\left(\frac{2k\pi}{p}\right)$ sont les valeurs exactes d'une somme trigonométrique d'ordre non supérieur à l, nous tirons immédiatement de [10] que l'on a l'inégalité [11] pour toute fonction continue périodique, c'est à dire que l'approximation de $f(x)$ fournie par les moyennes $\sum_l^{(h)}$ (qui sont des sommes d'ordre $l+h-1$) est du même ordre que la meilleure approximation par les sommes d'ordre l.

Indiquons encore une autre propriété des sommes $S_h(x)$ analogue à celle des sommes partielles de Fourier que j'ai établie dans une Note „Sur un procédé de sommation des séries trigonométriques“ (1).

Sous la condition [4], $S_h(x) + S_h\left(x + \frac{2\pi}{2h+1}\right)$ est borné quels que soient x et $h \leqslant \frac{p}{2}$.

Supposons $p = 2m+1$ et $h = m$ ($S_m(x)$ étant un polynome trigonométrique arbitraire déterminé par les valeurs qu'il prend aux points $\frac{2k\pi}{p}$). On aura [12].

Donc, en supposant, sans restreindre la généralité, que $0 \leqslant x \leqslant \frac{\pi}{2m+1}$, on a

$$|H_m(x)| \leqslant \frac{1}{2}\left|\frac{\cos\frac{2m+1}{2}x}{2m+1}\right| \sum_0^{2m}\left|\frac{1}{\sin\frac{1}{2}\left(x-\frac{2k-1}{2m+1}\pi\right)} - \frac{1}{\sin\frac{1}{2}\left(x-\frac{2k+1}{2m+1}\pi\right)}\right| =$$

$$= \frac{\cos\frac{2m+1}{2}x}{2m+1}\left[\frac{1}{\sin\frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{2m+1}-x\right)} + \frac{1}{\sin\frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{2m+1}+x\right)} - \frac{1}{\cos\frac{x}{2}}\right],$$

le signe d'égalité ayant lieu, si $f\left(\frac{2k\pi}{2m+1}\right) = (-1)^{k-1}$, pour $0 < k \leqslant m$, et $f\left(\frac{2k\pi}{2m+1}\right) = (-1)^k$ pour les autres valeurs de k. La somme $H_m(x)$ d'ordre m, s'annulant alors aux points $x_k = \frac{2k+1}{2m+1}\pi$, pour toutes les valeurs de k, sauf 0, m et $2m$, atteint son maximum, par raison de symétrie, pour $x = 0$. Donc

$$|H_m(x)| \leqslant \frac{1}{2m+1}\left[\frac{2}{\sin\frac{\pi}{4m+2}} - 1\right] < \frac{4}{\pi}. \qquad [13]$$

D'une façon analogue, on trouve [13*] dans le cas de $p = 2m$, le signe d'égalité ayant lieu pour $x = 0$, si $S_m^*\left(\pm\frac{k\pi}{m}\right) = (-1)^{k-1}$ et $S_m^*(0) = 1$. Nous pouvons, par exemple, appliquer les inégalités précédentes pour obtenir des évaluations de diverses sommes liées aux sommes de Gauss.

En désignant par $\left(\frac{k}{p}\right)$ le symbole de Jacobi (où p est un nombre impair sans facteurs carrés), posons $f\left(\frac{2k\pi}{p}\right) = \left(\frac{k}{p}\right)$. En vertu des formu-

les [2], la formule interpolatrice de Lagrange donne ($p = 2m + 1$)

$$S_m(x) = \frac{2}{\sqrt{p}} \sum_1^m \left(\frac{n}{p}\right) \cos nx \text{ ou } S_m(x) = \frac{2}{\sqrt{p}} \sum_1^m \left(\frac{n}{p}\right) \sin nx \qquad [14]$$

suivant que m est pair ou impair.

D'après [5] les sommes partielles $S_h(x)$ sont pour toute valeur de x de l'ordre de $\log h$ au plus. De même, d'après [3], on trouve [15], quel que soit $h \leqslant m$ (pour m pair ou impair, respectivement), et, quel que soit x.

On obtient des inégalités analogues en appliquant [10].

L'application de [13] donne [16], quel que soit x, toutes les sommes analogues,

$$\frac{2}{\sqrt{p}} \sum_1^h \left(\frac{n}{p}\right) \cos \frac{n\pi}{2h+1} \cos nx \quad \text{ou} \quad \frac{2}{\sqrt{p}} \sum_1^h \left(\frac{n}{p}\right) \cos \frac{n\pi}{2h+1} \sin nx$$

étant également bornées.

Manuscrit reçu
le 23 VII 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—LITTÉRATURE CITÉE

[1] S. Bernstein. C. R., t. 191, 1930, p. 976. [2] С. Н. Бернштейн. Сообщ. Харьковского мат. общ., т. XIV. 1914. Communications de la Société mathématique de Kharkov, t. XIV, 1914 (en russe). [3] С. Н. Бернштейн. Сообщ. Харьковского мат. общ., т. XV, 1915. S. Bernstein. Communications de la Société mathématique dei Kharkov, t. XV, 1915 (en russe).

МАТЕМАТИКА

П. С. НОВИКОВ

ОБОБЩЕНИЕ ВТОРОГО ПРИНЦИПА ОТДЕЛИМОСТИ

(Представлено академиком Н. Н. Лузиным 23 VI 1934)

В предыдущих нотах мы рассмотрели понятие кратной отделимости и вывели свойство аналитических множеств, которое является обобщением 1-го принципа отделимости, установленного Н. Н. Лузиным[1].

Именно мы доказали, что для каждого счетного числа аналитических множеств без общей точки $E_1\ E_2 \ldots E_n \ldots$ найдется счетное число B-множеств $\mathcal{E}_1\ \mathcal{E}_2 \ldots \mathcal{E}_n \ldots$ таких, что множества E кратно отделимы множествами $\mathcal{E}$.

Естественно поставить вопрос, не обобщается ли подобным образом и 2-й принцип отделимости? То есть, если дано счетное число аналитических множеств $E_1\ E_2 \ldots E_n \ldots$ с пересечением E, то будут ли множества $E_n - E$ кратноотделимы дополнительными к аналитическим множествам? Оказывается, что это действительно имеет место.

Доказательство обобщенного 2-го принципа отделимости основано на рассмотрении решет специального вида [определение решета см. книгу Н. Н. Лузина (1)].

Известно, что каждое аналитическое множество есть проекция на ось X плоского G_δ, представляющего собою пересечение вложенных друг в друга счетных систем прямоугольников со сторонами, параллельными осям координат.

Прямоугольники эти будем обозначать $q_{i_1 i_2 \dots i_n}$, где индексы i пробегают независимо по целым числам, причем $q_{i_1 i_2 \dots i_n} \; q_{i_1 i_2 \dots i_{n+1}}$.

Можно предполагать, что совокупность прямоугольников $q_{i_1 i_2 \dots i_n}$, для которой индексы $i_1 i_2 \dots i_{n-1}$ постоянны, проектируется на ось Y в совокупности не пересекающихся интервалов, границы которых образуют вполне упорядоченное множество типа ω в положительном направлении оси Y. В таком случае, как показал Н. Н. Лузин, верхние стороны прямоугольников образуют решето, определяющее аналитическое множество, являющееся проекцией данного G_δ.

Введем следующее определение: назовем решето правильным, если перпендикуляр, восстановленный из любой точки связанного с ним аналитического множества, пересекает решето по множеству не clairsemé.

Теорема. *Всякое аналитическое множество может быть задано правильным решетом.*

Мы приведем здесь конструкцию правильного решета для произвольного аналитического множества E.

Пусть E определяется некоторым решетом K, образованным из системы верхних сторон прямоугольников $q_{i_1 i_2 \dots i_n}$. Обозначим $S_{i_1 i_2 \dots i_n}$ систему всех прямоугольников, заключенных в $q_{i_1 i_2 \dots i_n}$, включая и сам прямоугольник $q_{i_1 i_2 \dots i_n}$. Построим новую совокупность прямоугольников $q^1_{i_1 i_2 \dots i_n}$. Пусть $q^1_{i_1} = q_{i_1}$ для всякого i_1. Рассмотрим какой-нибудь прямоугольник q_{i_1}, он содержит множество систем $S_{i_1 1} \; S_{i_1 2} \dots S_{i_1 n} \dots$

Выделим из правой стороны прямоугольника q_{i_1} счетное число интервалов α попарно, без общей точки, и таких, что границы их образуют последовательность типа ω, накопляющуюся к верхней границе стороны прямоугольника q_{i_1}. Разобьем множество этих интервалов на счетное множество счетных множеств:

$$\begin{array}{l} \alpha_{11} \; \alpha_{12} \; \alpha_{13} \dots \\ \alpha_{21} \; \alpha_{22} \; \alpha_{23} \dots \\ \dots\dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots\dots \end{array}$$

Проведем через концы интервалов α прямые, параллельные оси X. Обозначим β_{mn} полосу, ограниченную прямыми, проходящими через концы интервала α_{mn}. Пусть a и b ординаты нижней и верхней стороны прямоугольника q_{i_1}; c_{mn} и d_{mn} ординаты прямых, ограничивающих полосу β_{mn}. Рассмотрим какую-нибудь систему S_{ip} и полосы $\beta_{p1} \; \beta_{p2} \dots \beta_{pn} \dots$

Преобразование $u = \dfrac{(y-a)\;d_{pn} - c_{pn}}{b-a} + c_{pv}$, $v = x$, переводит каждый прямоугольник системы $S_{i_1 p}$ в другой прямоугольник, содержащийся в полосе β_{pn}. Обозначим систему этих преобразованных прямоугольников T_{pn}, поместим всевозможные системы T_{pn} в каждый прямоугольник q_{i_1} и мы получим систему прямоугольников, которую обозначим S^1 (прямоугольники q_{i_1} к ней тоже принадлежат); прямоугольники новой системы будем обозначать $q^1_{i_1 i_2 \dots i_n}$, причем система индексов i в этом случае имеет тот же смысл, что и для прямоугольников $q_{i_1 i_2 \dots i_n}$.

Предположим, что мы определили как то систему S^n, состоящую из прямоугольников $q^n_{i_1 i_2 \dots i_n}$.

Определим теперь систему S^{n+1}. Пусть прямоугольники $q^{n+1}_{i_1}\, q^{n+1}_{i_1 i_2} \ldots q^{n+1}_{i_1 i_2 \ldots i_n}$ совпадают с прямоугольниками системы S^n, имеющими те же индексы i. Внутри каждого прямоугольника $q^{n+1}_{i_1 i_2 \ldots i_n}$ построим системы прямоугольников точно так же, как мы построили системы прямоугольников внутри q_{i_1}, при построении S^1. Итак, мы построили последовательность систем прямоугольников $S^1\, S^2 \ldots S^n \ldots$

Обозначим S^ω новую систему прямоугольников $q^\omega_{i_1 i_2 \ldots i_n}$, такую, что $q^\omega_{i_1 i_2 \ldots i_n} \equiv q^n_{i_1 i_2 \ldots i_n}$. Можно показать, что G_δ, соответствующее S^ω, проектируется в то же аналитическое множество E и что S^ω удовлетворяет всем необходимым условиям для того, чтобы совокупность верхних сторон прямоугольников $q^\omega_{i_1 i_2 \ldots i_n}$ представляла собой правильное решето, определяющее аналитическое множество E.

Теорема. *Пусть дано счетное множество аналитических множеств* $E_1\, E_2 \ldots E_n$, *причем* $\prod_{n=1}^{\infty} E_1 = E$; *множества* $E_n - E$ *кратно отделимы счетным числом множеств, дополнительных к аналитическим.*

Обозначим P_x перпендикуляр к оси X, проходящий через точку $(x, 0)$. Пусть даны два решета L и M. Н. Н. Лузин показал, что множество тех точек оси X, для которых $P_x\, L$ не отражается подобно ни на какую часть $P_x\, M$, есть дополнительное к аналитическому множеству. Пусть $K_1, K_2 \ldots K_n \ldots$ правильные решета, причем K_n определяет множество E_n. Множество тех точек оси X, для которых $P_x\, K_n$ не отражается подобно ни на какую часть хотя бы одного из множеств $P_x\, K_1, P_x\, K_2, \ldots P_x\, K_{n-1}\, P_x\, K_{n+1} \ldots$, есть дополнение к аналитическому множеству; обозначим его R_n. Нетрудно видеть, что R_n содержит $E_n - E$.

В самом деле, для каждой точки E_n, $P_x\, E_n$ есть множество не clairsemé, так как решето K_n правильное; следовательно, $P_n\, E_n$ содержит плотную на себе часть, и всякое множество, на часть которого $P_x\, E_n$ отражается подобно, тоже содержит плотную на себе часть. Если точка E_n не принадлежит R_n, то для этой точки $P_x\, K_n$ отражается подобно на часть каждого из множеств $P_x K_1$, $P_x\, K_2 \ldots P_x\, K_{n-1}$, $P_x\, K_{n+1} \ldots$

Отсюда вытекает, что каждое из множеств $P_n\, K_i$ содержит плотную на себе часть, и, следовательно, точка принадлежит одновременно всем множествам $E_1\, E_2 \ldots E_n$ и входит в E. Итак, всякая точка E_n, не принадлежащая R_n, входит в E; следовательно, $E_n - E \subset R_n$.

Покажем что, $\prod_{n=1}^{\infty} R_n = 0$. Допустим. что существует точка a, принадлежащая всем R_n. Рассмотрим множества $R_a K_1$, $P_a K_2, \ldots P_a K_n \ldots$. Среди этих множеств существует по крайней мере одно, вполне упорядоченное в самом деле, в противном случае каждое из множеств $P_a K_n$ было бы множеством не clairsemé (так как решето правильное) и имело бы плотную на себе часть; но тогда каждое из двух множеств $P_a K_i$ и $P_a K_j$ отражалось бы подобно на часть другого, и точка не принадлежала бы никакому из множеств R_n. Пусть $P_a K_{n_1}$ вполне упорядоченное множество. Так как точка a принадлежит R_{n_1}, то $P_a K_{n_1}$ не отражается подобно ни на какую часть по крайней мере одного из множеств $P_{a2} K_1, P_a K_2 \ldots P_a K_{n_1-1}$ $P_a K_{n_1+1} \ldots$

Пусть это множество есть $P_a K_{n_2}$. Очевидно, $P_a K_{n_2}$ вполне упорядочено и притом типа меньшего, чем $P_a K_{n_1}$. Продолжая рассуждения далее,

мы получим последовательность вполне упорядоченных множеств $P_a K_{n_1}$, $P_a K_{n_2} \ldots P_a K_{n_1} \ldots$, типы которых убывают, чего не может быть.

Итак, $R_n \supset E_n - E$ и $\prod_{n=1}^{\infty} R_n = 0$, то есть множества $E_n - E$ кратно отделимы дополнительными к аналитическим.

Физико-математический институт
им. В. А. Стеклова Академии Наук СССР.
Ленинград.

Поступило
23 VI 1934.

MATHÉMATIQUES

GÉNÉRALISATION DU DEUXIÈME PRINCIPE DE SÉPARABILITÉ

Par P. NOVIKOV

(Présenté par N. Lusin, de l'Académie, le 23. VI. 1934)

RÉSUMÉ

On doit à N. Lusin deux propositions fondamentales dans la théorie des ensembles analytiques, à savoir, les deux principes de séparabilité.

Premier principe: Deux ensembles analytiques n'ayant aucun point commun sont toujours séparables B.

Deuxième principe: Si l'on supprime de deux ensembles analytiques leur partie commune, les parties restantes sont toujours séparables au moyen de deux complémentaires analytiques.

Nous avons introduit récemment la notion de séparabilité multiple et demontré une propriété des ensembles analogue au premier principe de N. Lusin.

Chaque système dénombrable d'ensembles analytiques sans partie commune admet la séparabilité multiple au moyen d'ensembles mesurables B.

Dans la présente Note nous nous proposons de généraliser le deuxième principe de N. Lusin. A cet effet nous introduisons d'abord une définition nouvelle.

E étant un ensemble analytique défini par un crible rectiligne C, nous dirons que le crible C est régulier s'il possède sur chaque droite passant par un point de E et parallèle à OY un ensemble dense en lui-même.

Nous démontrons d'abord que chaque ensemble analytique linéaire peut être obtenu au moyen d'un crible régulier.

Cette proposition permet d'établir le théorème suivant:

Théorème. *Si l'on supprime de chacun des ensembles analytiques E_1, E_2, ..., E_n, ... leur partie commune, les parties restantes sont toujours séparables au moyen de complémentaires analytiques.*

On voit que ce théorème présente une généralisation naturelle du deuxième principe de N. Lusin.

Institut physico-mathématique V. Steklov
de l'Académie des Sciences de l'URSS.
Leningrad.

Manuscrit reçu
le 23. VI. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITTÉRATURE CITÉE

1 N. Lusin. Leçons sur les ensembles analytiques.

ФИЗИКА

С. И. ЛЕЙТМАН и С. А. УХОДИН

КОМБИНАЦИОННОЕ РАССЕЯНИЕ И АССОЦИАЦИЯ МОЛЕКУЛ

(*Представлено академиком Л. И. Мандельштамом 18 VIII 1934*)

Уже вскоре после открытия явления комбинационного рассеяния были сделаны попытки связать некоторые факты, наблюдаемые в комбинационных спектрах, с ассоциацией молекул вещества ([1—4]).

Действительно, комбинационное рассеяние представляет собой удобный метод для изучения явления ассоциации. При сравнении спектров комбинационного рассеяния какого-либо вещества в двух различных состояниях, содержащих либо одни только ординарные молекулы, либо значительное количество ассоциированных молекул можно ожидать следующее: 1) собственные частоты ординарной молекулы могут быть несколько смещены благодаря воздействиям, оказываемым на различные части молекулы соседними молекулами; 2) могут быть обнаружены частоты, наблюдаемые только при наличии ассоциированных молекул и исчезающие вместе с ними; эта частота может рассматриваться, как результат колебания одной части ассоциированной молекулы относительно другой. Наличие такой резко выраженной частоты возможно, конечно, только в тех случаях, когда имеются вполне определенные конфигурации ассоциированных молекул с вполне определенными силами взаимодействия между их частями. В противном случае можно ожидать лишь появления расплывчатых полос в комбинационном спектре. Отсутствие резко выраженных линий ассоциации еще не решает однозначно вопрос о наличии ассоциации; зато появление таких линий может считаться надежным и удобным признаком, позволяющим судить о характере возникающих образований. Указанный метод исследования ассоциации удобен тем, что в нем наблюдается эффект, целиком связанный с существованием ассоциированных молекул и совершенно независящий от ординарных молекул.

Настоящая работа имеет целью исследовать вопрос о существовании характерных для вещества ассоциативных частот; выделить ассоциативные частоты из мало расшифрованного комбинационного спектра большинства органических веществ можно только по изменению интенсивности некоторых комбинационных линий по сравнению с другими при изменении температуры или концентрации данной жидкости в растворе. В данной работе мы ограничились изменением концентрации исследуемой жидкости в растворе. В качестве объектов исследования были взяты нитробензол и уксусная кислота, обладающие значительными дипольными моментами и в соответствии с этим дающие заметную ассоциацию. В качестве растворителя применялся CCl_4 для нитробензола и вода для уксусной кислоты. Установка была собрана по схеме Вуда, с вертикальным сосудом и лампой, и призмой полного внутреннего отражения. Спектрограф Steinheil, с тремя призмами; мы пользовались как большой, так и малой дисперсией.

Нитробензол, тщательно очищенный, полученный из ИРЕА, имел слабый желто-зеленый оттенок, не изменявшийся даже после многочасового освещения кварцевой ртутной лампой. Был получен ряд снимков спектра рассеяния при молекулярной концентрации нитробензола от 100 до 5%. Изменением времени экспозиции растворов различной концентрации мы добивались уравнения интенсивности некоторых линий,

служивших для сравнения; такой в данном случае была линия, соответствующая $\Delta\nu = 1341$ см$^{-1}$ (колебания группы NO_2). Никакого заметного изменения относительной интенсивности отдельных линий не обнаружено. Это может быть объяснено либо тем, что ассоциация в нитробензоле не создает резко оформленных комплексов, либо тем, что частота колебаний образующихся комплексов мала и не могла быть, в условиях нашего эксперимента, отделена от возбуждающей линии. Надо впрочем заметить, что нитробензол обладает поглощением, которое резко падает в части спектра между $\lambda = 434$ mμ и $\lambda = 491$ mμ, а в этом участке и находилось большинство сравниваемых линий; различное поглощение могло затушевать искомый эффект относительного изменения интенсивности отдельных линий. Значительно больший интерес представляют результаты, полученные для уксусной кислоты. В этом случае удалось обнаружить определенную частоту, соответствующую, повидимому, колебаниям одной части комплекса относительно другой. Ледяная уксусная кислота, также из ИРЕА, исследовалась при молекулярной концентрации 100, 60, 40 и 20%. Полученные снимки дали возможность установить, что линии, соответствующие $\Delta\nu = 622$ см$^{-1}$, представленные на наших снимках в виде сателлитов при $\lambda = 436$ mμ ($\Delta\nu = 22938 - 22315 = 623$) и при линии $\lambda = 405$ mμ ($\Delta\nu = 24705 - 24081 = 624$) заметно изменяли свою интенсивность по отношению к другим линиям, служившим для сравнения; в качестве последних служили линии, соответствовавшие частотам $\Delta\nu = 885$ и $\Delta\nu = 2938$. Линии, соответствовавшие частоте $\Delta\nu = 623$ см$^{-1}$, резкие и интенсивные в чистой уксусной кислоте, сильно ослабевают уже при концентрации в 40%, а при концентрации 20% сателлит при $\lambda = 405$ mμ совершенно пропадает, а сателлит более сильной линии $\lambda = 436$ mμ едва заметен.

Полученные нами данные для уксусной кислоты находятся в согласии с замечанием, приведенным у Багавантама ([5]), что низкие частоты в комбинационном спектре уксусной кислоты пропадают при высокой температуре.

Это дает нам основание полагать, что в уксусной кислоте имеет место образование комплексных молекул вполне определенной конфигурации, характеризуемых определенной энергией связи и определенной собственной частотой.

Косвенно, ассоциативный характер этой частоты подтверждается и тем фактом, что она отсутствует по данным Кобленца ([6]) в инфракрасном спектре уксусной кислоты: ассоциативная частота не является активной и поэтому не должна проявляться в спектре поглощения.

Полученные данные об ассоциативной частоте комплексных молекул, в связи с другими данными, дают возможность вычислить некоторые параметры, характеризующие эти молекулы: характер действующих между ними сил, расстояние ординарных молекул внутри комплексной и т. д. Расчеты, произведенные для уксусной кислоты, приводят к вполне приемлемым величинам. Настоящая работа проведена под руководством проф. Г. С. Ландсберга, которому мы выражаем свою благодарность.

Научно-исследовательский институт физики
Московского государственного университета.
Оптическая лаборатория.

Поступило
18 VIII 1934.

PHYSIK

KOMBINATIONSSTREUUNG UND ASSOZIATION DER MOLEKÜLE

Von S. LEITMANN und S. UCHODIN

(*Vorgelegt von L. Mandelstam, Mitglied der Akademie, d. 18. VIII. 1934*)

ZUSAMMENFASSUNG

Die Assoziation der Moleküle von Dipol-Flüssigkeiten wurde mit Hilfe der Kombinations-treuung untersucht. Die Linien der Kombinations-streuung, deren Frequenz den Schwingungen der assoziierten Moleküle entspricht, müssen bei abnehmender Konzentration der Flüssigkeit in der Mischung an relativer Intensität abnehmen. Es wurden die Mischungen des Nitrobenzols in CCl_4 und der Essigsäure in Wasser geprüft. Im Kombinationsspektrum des Nitrobenzols waren keine assoziativen Linien vorzufinden; im Kombinations-pektrum der Essigsäure dagegen erweist sich die Linie, deren Frequenz gleich 623 cm^{-1}, als eine assoziative: ihre relative Intensität nimmt bereits bei einer Konzentration von 40 Proz. stark ab; bei einer Konzentration von 20 Proz. verschwindet die Linie fast vollständig. Das beweist, dass Essigsäure assoziierte Molekule enthält, welche eine bestimmte Konfiguration haben, und für welche die Bindungsfestigkeit ihrer Bestandteile durch die von uns gefundene Frequenz charakterisiert wird.

Forschungsinstitut für Physik
der Universität Moskau.

Eingegangen
d. 18. VIII. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITERATUR

[1] Meyer. Phys. ZS., 30, 170, 1929; 32, 293, 1931. [2] Ganesan and Venkateswaran. Ind. Journ. of Phys., 4, 195, 1929. [3] Pringsheim u. Schlivitch. ZS. f. Phys., 60, 582, 1930. [4] Dadieu u. Kohlrausch. Phys. ZS., 31, 514, 1930. [5] Bhagavantam. Ind. Journ. of. Phys., 5, 48, 1930. [6] Приведено у Ganesan. Ind. Journ. of. Phys., 4, 216, 1929.

ФИЗИКА

И. А. ХВОСТИКОВ

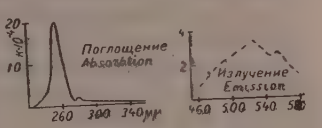
ФЛЮОРЕСЦЕНЦИЯ РАСТВОРОВ ПЛАТИНО-СИНЕРОДИСТЫХ СОЛЕЙ

(*Представлено академиком С. И. Вавиловым 29 VIII 1934*)

Природа фотолюминесценции платино-синеродистых солей до сих пор оставалась неясной. Не был решен основной вопрос о том, является ли свечение этих солей обусловленным чужеродными вкраплениями в кристаллическую решотку (свечение типа Ленардовских фосфоров), или же в нем проявляются свойства самих платино-синеродистых молекул. В первую очередь, здесь возникает вопрос флюоресценции растворов этих солей, светятся ли они или же флюоресценция присуща лишь кристаллическому состоянию? Еще Стокс ([1]), используя только что разработанный им метод скрещенных фильтров, решил этот вопрос в отрицательном смысле: ни один из изучавшихся им растворов платино-синеродистых солей (платино-синеродистые Ca, Ba, Sr, K, Mg) не флюоресцировал. Вопрос о флюоресценции водного раствора платино-синеродистого калия был предметом резкой дискуссии между Стоксом и Боттгером, причем Бётт-

гер признал в конце концов свою ошибку (2). Все дальнейшие многочисленные исследования неизменно подтверждали отсутствие флюоресценции у растворов платино-синеродистых солей (3). Этот факт рассматривался как сильный аргумент в пользу первого предположения о том, что люминесценция кристаллов платино-синеродистых солей есть свечение типа ленардовских фосфоров (4).

Произведенное нами тщательное исследование показало, однако, что растворы платино-синеродистых солей флюоресцируют. Обнаружение флюоресценции затруднено ее исключительно малой интенсивностью. В прежних исследованиях не обращалось внимания на синюю флюоресценцию, которая всегда имеется в обычной (дестиллированной) воде (5). Между тем, из исследованных нами растворов платино-синеродистых бария, магния и калия, флюоресценция первых двух слабее синей флюоресценции обычной дестиллированной воды и лишь у калия она несколько больше. Поэтому для растворения мы применяли воду, синяя флюоресценция которой была полностью уничтожена [способы описаны в цитированной выше работе (5)]. Количественное изучение производилось с растворами платино-синеродистого калия. Ниже приводятся некоторые предварительные результаты.



Фиг. 1. — Abb. 1.

1. Спектр флюоресценции. Измерения распределения энергии в спектре флюоресценции водного раствора платино-синеродистого калия производились на спектрофотометре Кёнига-Мартенса. Спектр состоит из двух широких полос с максимумами у 525 и 555 $\mu\mu$ (фиг. 1). По сравнению со спектром флюоресценции кристаллического платино-синеродистого калия, который состоит также из двух широких полос с максимумами у 440 и 555 $\mu\mu$, одна полоса сильно смещена, в то время как положение второй (длинноволновой) остается неизменным.

2. Спектр поглощения измерялся на большом кварцевом спектрографе фотографическим методом спектров сравнения. Спектр состоит из двух полос с максимумами у 254 и 279 $\mu\mu$, причем слабое поглощение имеется вплоть до 350 $\mu\mu$ (фиг. 1).

3. Поляризация. В водных растворах платино-синеродистого калия поляризации флюоресценции не обнаружено. Было произведено изучение поляризации в глицериновом растворе (большая вязкость растворителя). Так как глицерин обладает поляризованной флюоресценцией большой интенсивности [благодаря примесям (5)], неотделимой спектрально от флюоресценции раствора, то измерения производились следующим образом: измерялась степень поляризации флюоресценции глицерина (p_1) и ее интенсивность (I_1), затем измерялась степень поляризации и интенсивность флюоресценции после растворения в глицерине платино-синеродистого калия (p_2, I_2). Из найденных четырех величин p_1, I_1, p_2, I_2 можно определить степень поляризации флюоресценции раствора: $p_x = \frac{p_2 \cdot k - p_1}{k - 1}$, где $k = \frac{I_2}{I_1}$. Флюоресценция раствора платиносинеродистого калия в глицерине оказалась поляризованной на 28%.

Затем было произведено измерение поляризации флюоресценции раствора в изоамиловом спирте вязкость в несколькс раз большая, чем у воды). Синяя флюоресценция спирта была почти полностью уничтожена специальной дестилляцией. Флюоресценция раствора оказалась поляризованной на $4^1/_2$%.

4. Зависимость степени поляризации флюоресценции от вязкости растворителя и определение порядка величины длительности возбужденного состояния. При изменении вязкости растворителя степень поляризации флюоресценции раствора меняется согласно формуле Перрена (6):

$$\frac{1}{p} = \frac{1}{p_0} + \left(\frac{1}{p_0} - \frac{1}{3}\right)\frac{\tau k T}{v \eta},$$

где p — степень поляризации флюоресценции в растворителе, вязкость которого равна η, p_0 — степень поляризации при $\eta = \infty$ так называемая предельная поляризация), τ — длительность возбужденного состояния, k — постоянная Больцмана, T — температура раствора, v — объем молекулы (иона) растворенного вещества. Измеряя зависимость степени поляризации флюоресценции от вязкости растворителя, можно определить τ. Измерения производились в водно-глицериновых растворах, причем поляризация измерялась способом, описанным выше. Результаты измерения представлены на фиг. 2. Разбросанность точек обусловлена большой трудностью измерений степени поляризации методом, который мы вынуждены были применять. Однако, хорошо промеренная точка (отмеченная крестиком) для раствора в изоамиловом спирте подтверждает наклон прямой. Эти результаты могут дать представление о порядке величины для τ. Если взять для v значения 50 Å^3, то вычисления дают $\tau = 3 \cdot 10^{-10}$ сек. (указанное значение для объема v молекулы платино-синеродистого калия $K_2[Pt(CN)_4]$ взято ориентировочно. Нами производится непосредственное определение v).

5. Опыты с тушением. Увеличение поляризации. Флюоресценция раствора платино-синеродистого калия поддается тушению посторонними веществами. В опытах с тушением мы пользовались растворами в изоамиловом спирте. В качестве тушителя был выбран анилин, тщательно дестиллированный для уменьшения поглощения. Результаты представлены на фиг. 3a, где L_0 и L означают выход флюоресценции в отсутствие тушителя и при концентрации тушителя c. Из этих опытов, воспользовавшись прямолинейным участком графика, можно определить длительность возбужденного состояния τ. Теория тушения, исходящая из представлений об ударах второго рода, приводит к уравнению:

$$\frac{L_0}{L} = 1 + \frac{\tau N c k T (\sigma_1 + \sigma_2)}{3 \eta \sigma_1 \sigma_2},$$

где σ_1 и σ_2 кинетические радиусы сталкивающихся молекул (в виду ориентировочного характера опытов, мы берем это уравнение в его простейшей форме). Вычисления дают для τ значения $1.5 \cdot 10^{-10}$ сек.

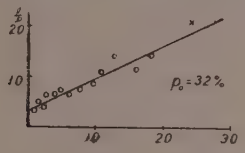
Далее, вследствие того, что при тушении флюоресценции в первую очередь тушатся молекулы, остающиеся в возбужденном состоянии наиболее долго, а потому в наибольшей степени обусловливающие деполяризацию флюоресценции, при тушении можно ожидать увеличения степени поляризации флюоресценции. Такое увеличение поляризации мы проследили при тушении флюоресценции раствора платино-синеродистого калия в изоамиловом спирте. Степень поляризации флюоресценции возрастала в результате тушения от 4.5 до 10.5%. Результаты измерений представлены на фиг. 3b. Пользуясь этим графиком, можно вычислить τ по формуле (8):

$$\frac{1}{p} = \frac{1}{p_0} + \left(\frac{1}{p_0} - \frac{1}{3}\right)\tau \frac{L}{L_0}\frac{k T}{v \eta}.$$

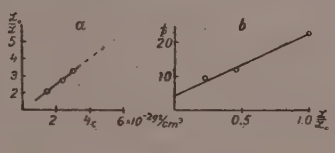
Вычисления дают $\tau = 3.5 \cdot 10^{-10}$ сек.

Таким образом, измерения длительности возбужденного состояния τ, осуществленные тремя различными методами дают величину одного и того же порядка. Окончательное сопоставление значений для τ, полученных этими методами, друг с другом будет сделано после непосредственного определения объема молекулы платино-синеродистого калия.

Нами производится дальнейшее изучение свойств флюоресценции платино-синеродистых солей. Но уже описанные опыты решают вопрос о природе свечения этих солей: свечение является свойством самих молекул солей, оно обусловлено опонтанными переходами.



Фиг. 2. — Abb. 2.



Фиг. 3. — Abb. 3.

Заметим, что простота молекул платино-синеродистых солей, по сравнению с молекулами сложных органических соединений, какими являются краски, на растворах которых обычно изучаются свойства флюоресценции, облегчит толкование этих свойств.

Настоящая работа выполнена под непосредственным руководством акад. С. И. Вавилова, которому я выражаю свою глубокую благодарность.

Платино-синеродистый калий был приготовлен Институтом платины Академии Наук в лаборатории проф. А. А. Гринберга и В. М. Шульмана. Пользуюсь случаем выразить им свою благодарность.

Государственный оптический институт.
Ленинград.

Поступило
29 VIII 1934.

PHYSIK

FLUORESZENZ VON LÖSUNGEN DER PLATOCYANIDE

Von I. CHVOSTIKOV

(*Vorgelegt von S. Wawilow, Mitglied der Akademie, d. 29. VIII. 1934*)

Die Natur der Photolumineszenz der Platocyanide blieb bis heutzutage unaufgeklärt. Unentschieden war die Grundfrage, ob das Leuchten dieser Salze durch Aktivierung vonseiten fremder in das Kristallgitter eingedrungener Atome (L. vom Typus der Lenardschen Phosphore) bedingt ist, oder ob es als eine unmittelbare Kundgebung den Platocyanidmolekeln selber innewohnender Eigenschaften betrachtet werden soll. Vor allem entsteht hier die Frage betreffend die Fluoreszenz von Lösungen dieser Salze, ob sie nämlich auch lumineszieren, oder aber ob die Fluoreszenz blos für den kristallinischen Zustand eigentümlich ist. Seinerzeit wurde diese Frage schon von Stokes [1] unter Verwertung der gerade soeben von ihm ausgearbeiteten Methode der gekreuzten Filter im negativen Sinne entschieden: für keine einzige unter den von ihm geprüften Lösungen von Platocyaniden (Ca-, Ba-, Sr-, K-, Mg-Platocyanid) war Fluoreszenz nachgewiesen. Die Frage nach dem Fluoreszieren der wässerigen Lösung von Kaliumplatocyanid war Gegenstand einer scharfen Diskussion

zwischen Stokes und Böttger, in welcher letzten Endes Böttger seinen Irrtum anerkannte (2). Alle nachfolgenden zahlreichen Untersuchungen bestätigten unabänderlich das Fehlen von Fluoreszenz in den Lösungen von Platocyaniden (3). Diese Tatsache wurde als ein triftiger Beweisgrund für die erstgenannte Auffassung der Lumineszenz von Platocyanidkristallen als eines Leuchtens von der Art der Lenardschen Phosphore geltend gemacht (4).

Eine von uns ausgeführte eingehende Untersuchung hat jedoch erwiesen, dass Lösungen von Platocyaniden tatsächlich fluoreszieren. Der Nachweis diesers Fluoreszenz wird durch deren äusserst schwache Intensitat erschwert. In früheren Untersuchungen wurde die blaue Fluoreszenz, welche immer in gewöhnlichem (destilliertem) Wasser vorhanden ist, unbeachtet gelassen (5). Nun ist in den von uns untersuchten Lösungen von Baryum-, Magnesium-, und Kaliumplatocyanid die Fluoreszenz der beiden ersteren schwächer als die blaue Fluoreszenz des gewöhnlichen destillierten Wassers und nur für Kalium ist sie etwas grösser. Aus diesem Grunde wurde als Dissolvent Wasser benutzt, dessen blaue Fluoreszenz vollkommen beseitigt war [Verfahren in obenangeführter Arbeit angegeben (5)]. Die quantitative Prüfung wurde an Lösungen von Kaliumcyanid ausgeführt. Hier folgen einige vorläufige Ergebnisse.

1. Fluoreszenzspektrum. Die Messungen der Energieverteilung im Fluoreszenzspektrum der wässerigen Kaliumplatocyanidlösung wurde am König-Martens'schen Spektralphotometer ausgeführt. Das Spektrum besteht aus zwei breiten Banden mit Maxima bei 525 und 555 $\mu\mu$ (Abb. 1, S. 15). Im Vergleich zum Fluoreszenzspektrum des kristallinischen Kaliumplatocyanids, welches ebenfalls aus zwei breiten Banden mit Maxima bei 440 und 555 $\mu\mu$ besteht, ist die eine Bande stark verschoben, während die Lage der anderen (langwelligen) unverändert bleibt.

2. Absorptionsspektrum. Es wurde an einem grossen Quarzspektrographen mit der photographischen Methode der Vergleichsspektren gemessen. Das Spektrum besteht aus zwei Banden mit Maxima bei 254 und 279 $\mu\mu$; dabei lässt sich eine schwache Absorption bis zu 350 $\mu\mu$ verfolgen (Abb. 1).

3. Polarisation. In wässerigen Lösungen von Kaliumplatocyanid wurde keine Polarisation der Fluoreszenz nachgewiesen. Es wurde auch eine Glycerinlösung (grosse Viskosität des Dissolventen) auf die Polarisation hin geprüft. Da das Glycerin eine polarisierte Fluoreszenz von hoher Intensität — von den Beimengungen her (5) — besitzt, welche sich spektral von der Fluoreszenz der Lösung nicht absondern lässt, so wurden die Messungen folgendermassen ausgeführt: gemessen wurden Polarisationsgrad und Intensität der Fluoreszenz des Glycerins im reinen Zustand (p_1, I_1) und darauf dieselben Grössen nach Auflösung im Glycerin von Kaliumplatocyanid (p_2, I_2). Aus den vier ermittelten Grössen: p_1, I_1, p_2, I_2 lässt sich der Polarisationsgrad p_x der Fluoreszenz der Lösung bestimmen: $p_x = \frac{p_2 \cdot k - p_1}{k - 1}$, wo $k = \frac{I_2}{I_1}$. Die Fluoreszenz der Glycerinlösung von Kaliumplatocyanid erwies sich polarisiert im Betrage von 28 Proz.

Ferner wurde die Messung des Polarisationsgrades einer Isoamylalkohollösung (Viskosität übertrifft um ein Mehrfaches dieselbe Grösse für Wasser). Die blaue Fluoreszenz des Alkohols war durch spezielles Destillieren nahezu vollständig vernichtet. Die Fluoreszenz der Lösung wies eine Polarisation von $4^1/_2$ Proz. auf.

4. Abhängigkeit des Polarisationsgrades der Fluoreszenz von der Viskosität des Dissolventen und Grös-

senordnung der Dauer des Anregungszustands. Bei Änderung der Viskosität des Dissolventen verändert sich auch der Polarisationsgrad der Fluoreszenz der Lösung, gemäss der Formel von Fr. Perrin (6):

$$\frac{1}{p} = \frac{1}{p_0} + \left(\frac{1}{p_0} - \frac{1}{3}\right)\frac{\tau kT}{v\eta},$$

wo p den Polarisationsgrad der Fluoreszenz im Dissolventen bezeichnet, dessen Viskosität gleich η ist, p_0 — den Polarisationsgrad für $\eta = \infty$ (sogen. Grenzpolarisation), τ — die Dauer des Anregungszustands, k — die Boltzmann'sche Konstante, T — die Temperatur der Lösung, v — das Volumen des Moleküls (Ions) der aufgelösten Substanz. Durch Abmessung der Abhängigkeit des Polarisationsgrades der Fluoreszenz von der Viskosität des Dissolventen lässt sich τ bestimmen. Die Messungen wurden an Lösungen in Wasser und Glycerin angestellt, die Polarisation wurde nach dem oben beschriebenen Verfahren bestimmt. Die Ergebnisse der Abmessung sind Abb. 2 (S. 17) dargestellt. Die grosse Verstreutheit der Punkte erklärt sich durch die grosse Schwierigkeit der Messung des Polarisationsgrades mit Hilfe des Verfahrens, auf welches wir angewiesen waren. Bei alledem bietet der gut feststehende Punkt für die Lösung in Isoamylalkohol (mit einem Kreuzchen bezeichnet) eine zuverlässige Bestätigung für die Neigung der Geraden. Diese Ergebnisse können eine Vorstellung von der τ zustehenden Grössenordnung gewähren. Wenn man für v einen Wert von 50 Å^3 annimt, so ergibt die Berechnung τ gleich etwa $3 \cdot 10^{-10}$ sec. (genannter Wert für das Volumen v der Kaliumplatocyanidmolekel $K_2(Pt(CN)_4)$ ist orientierungshalber herausgegriffen. Wir arbeiten zurzeit an einer direkten Bestimmung von v).

5. Löschungsversuche. Steigerung der Polarisation. Die Fluoreszenz einer Lösung von Kaliumplatocyanid lässt sich durch Einwirkung von fremden Substanzen löschen. Bei den Löschungsversuchen b dienten wir uns der Lösungen in Isoamylalkohol. Als löschende Substanz wurde Anilin gewählt, welches zwecks Abschwächung der Absorption sorgfältig destilliert worden war. Die Resultate sind auf Abb. 3a dargestellt, wo L_0 und L die Ausbeute der Fluoreszenz ohne Löschung und bei einer Konzentration c der löschenden Substanz bedeuten. Auf Grund dieser Versuche kann man, unter Verwertung der geradlinigen Teilstrecke der graphischen Darstellung, die Dauer τ des Anregungszustandes bestimmen. Die Löschungstheorie, von Vorstellungen über die Stösse zweiter Art ausgehend, führt zur Gleichung:

$$\frac{L_0}{L} = 1 + \frac{\tau NckT(\sigma_1 + \sigma_2)}{3\eta\sigma_1\sigma_2},$$

wo σ_1 und σ_2 die kinetischen Radien der zusammenprallenden Molekeln sind (angesichts des auf erstmalige Orientierung abzielenden Charakters der Versuche wird diese Gleichung in ihrer einfachsten Form angenommen). Die Berechnung gibt für τ Werte von etwa $1.5 \cdot 10^{-10}$ sec.

Ferner lässt sich in Anbetracht der Tatsache, dass beim Löschen der Fluoreszenz in erster Linie die am längsten im Anregungszustande verharrenden, daher auch zum grössten Teile die Depolarisierung der Fluoreszenz bedingenden Molekeln an die Reihe kommen, mit Bestimmtheit eine Steigerung des Polarisationsgrades der Fluoreszenz mit der Auslöschung erwarten. Eine solche Zunahme der Polarisation konnten wir beim Löschen der Fluoreszenz einer Lösung von Kaliumplatocyanid in Isoamylalkohol auch

tatsächlich verfolgen. Der Polarisationsgrad der Fluoreszenz stieg im Ergebnis der Löschung von 4.5 bis auf 10.5 Proz. Die Resultate der Messungen sind auf Abb. 3 dargestellt. Indem wir diese graphische Darstellung verwerten, berechnet sich τ nach der Formel [8]:

$$\frac{1}{p} = \frac{1}{p_0} + \left(\frac{1}{p_0} - \frac{1}{3}\right) \tau \frac{L}{L_0} \frac{kT}{v\eta}.$$

Die Berechnung ergibt $\tau = 3.5 \cdot 10^{-10}$ sec.

So ergeben denn unsere Ermittelungsversuche für die Dauer τ des angeregten Zustandes, mit drei verschiedenen Methoden verwirklicht, Grössen von einer und derselben Ordnung. Eine endgültige Gegenüberstellung der mit diesen Verfahren zu erzielenden τ-Werte behalten wir uns noch vor, nach Ausführung einer direkten Bestimmung des Volums der Kaliumplatocyanidmolekel.

Wir betreiben ein weiteres Studium der Eigenschaften der Fluoreszenz von Platocyaniden. Doch die hier beschriebenen Versuche sind für die Entscheidung der Frage nach der Natur der Lumineszenz dieser Salze ausschlaggebend: dieses Leuchten ist den Salzmolekeln selber eigentümlich, es ist durch spontane Übergänge bedingt.

Dabei ist zu bemerken, dass die einfache Beschaffenheit der Molekeln der Platocyanidsalze, im Vergleich mit den Molekeln komplexer organischer Verbindungen, wie es die Farben sind, an deren Lösungen üblicherweise die Eigenschaften der Fluoreszenz untersucht werden, die Deutung dieser Eigenschaften erleichtern wird.

Die vorliegende Arbeit wurde unter unmittelbarer Leitung von S. Wawilow, Mitglied der Akademie, ausgeführt, welchem ich an dieser Stelle meinen tiefgefühlten Dank darbringe.

Das Kaliumplatocyanid wurde im Platininstitut der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Laboratorium von Prof. A. Grünberg und V. Schulmann dargestellt, denen ich hiermit verbindlichst danke.

Optisches Institut.
Leningrad.

Eingegangen
d. 29. VIII. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITERATUR

[1] G. G. Stokes. Phil. Trans., 396, 1853; Pog. Ann., **96**, 522, 1855. [2] G. G. Stokes. loc. cit. — R. Böttger. Pogg. Ann., **95**, 176, 1855. — G. G. Stokes. Phil. Mag. (4), **10**, 195, 1855. — R. Böttger. Pogg. Ann., **97**, 333, 1857. [3] A. Kundt. Pogg. Ann., **143**, 267, 1871. — Hagenbach. Pogg. Ann., **146**, 403, 1872. — Th. Wilm. Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft, Berlin, **19**, 954. 1886. — L. A. Levy. J. Chem. Soc., **93**, 1447, 1908 [III]. [4] P. Pringsheim. Handb. d. Phys., 1933, Bd. 23, § 46, S. 274. [5] S. I. Wawilow u. L. A. Tummermann. ZS. f. Phys., **54**, 270, 1929. [6] F. Perrin. La fluorescence des solutions. Thèse, Paris, 1927. [7] S. I. Wawilow. ZS. f. Phys., **53**, 665, 1929. [8] I. M. Frank u. S. I. Wawilow. ZS. f. Phys., **69**, 100, 1931.

ФИЗИКА

Ю. Б. РУМЕР

ВОЛНОВАЯ ТЕОРИЯ НЕЙТРИНО

(*Представлено академиком С. И. Вавиловым 10 X 1934*)

Новейшие исследования в области физики ядра говорят в пользу существования нейтрино, частиц с массой равной нулю и спином равным половине. В дальнейшем мы покажем, что в случае если такие частицы существуют, волновая теория для них непосредственно следует из общих принципов волновой механики.

Мы исследуем общий случай частицы, обладающей массой нуль и специализируем затем теорию на случай фотона и нейтрино.

1) Пусть $\psi_\sigma(q)$ обозначает (многокомпонентную) волновую функцию частицы, которая несет с собой лишь энергию и импульс, но не обладает зарядом или массой. В этом случае интеграл

$$\sum_\sigma \int \psi_\sigma^*(q)\,\psi_\sigma(q)\,dq = W$$

имеет размерность энергии и не может быть нормирован инвариантно по отношению к преобразованию Лоренца, откуда следует, что функция $\psi_\sigma(q)$ не может обладать трансформационными свойствами спинора.

2) Разложим волновое уравнение

$$\Delta\psi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\psi}{\partial t^2} = 0$$

по Дираку на 2 множителя

$$(-p_0 + s_1 p_1 + s_2 p_2 + s_3 p_3)(p_0 + s_1 p_1 + s_2 p_2 + s_3 p_3)\psi = 0,$$

где

$$p_0 = \frac{1}{ic}\frac{\partial}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x^0} \quad p_1 = i\frac{\partial}{\partial x^1}, \cdots \quad s_1, s_2, s_3 — \text{матрицы Паули.}$$

Не выбирая специального представления для s_i, положим

$$\psi = \psi_0 + s_1\psi_1 + s_2\psi_2 + s_3\psi_3;$$

получим следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned}
&\frac{\partial\psi_0}{\partial x^0} + \frac{\partial\psi_1}{\partial x^1} + \frac{\partial\psi_2}{\partial x^2} + \frac{\partial\psi_3}{\partial x^3} = 0,\\
&-\frac{\partial\psi_1}{\partial x^0} + \frac{\partial\psi_0}{\partial x^1} - \frac{\partial\psi_3}{\partial x^2} + \frac{\partial\psi_2}{\partial x^3} = 0,\\
&-\frac{\partial\psi_2}{\partial x^0} + \frac{\partial\psi_3}{\partial x^1} + \frac{\partial\psi_0}{\partial x^2} - \frac{\partial\psi_1}{\partial x^3} = 0,\\
&-\frac{\partial\psi_3}{\partial x^0} - \frac{\partial\psi_2}{\partial x^1} + \frac{\partial\psi_1}{\partial x^2} + \frac{\partial\psi_0}{\partial x^3} = 0,
\end{aligned} \qquad [1]$$

описывающих частицу с массой нуль.

3) Специализация на случай фотона.

Из опыта мы знаем, что для фотона справедлива система уравнения Максвелла:

$$\operatorname{div}(\bar{H} + i\bar{E}) = 0,$$

$$\operatorname{rot}(\bar{H} + i\bar{E}) - \frac{\partial(\bar{H} + i\bar{E})}{\partial x_0} = 0.$$

Легко видеть, что она представляет собою специальный (вырожденный) случай системы [1], при котором

$$\psi_0 \equiv 0, \quad \psi_1 = H_x + iE_x, \quad \psi_2 = H_y + iE_y, \quad \psi_3 = H_z + iE_z.$$

Так как в теории Максвелла существуют лишь три комплексные ψ-величины, то первое из уравнений [1] становится следствием трех других, и мы имеем

$$\begin{aligned} \frac{\partial \psi_1}{\partial x^0} - \frac{\partial \psi_3}{\partial x^2} + \frac{\partial \psi_2}{\partial x^3} &= 0, \\ \frac{\partial \psi_2}{\partial x^0} + \frac{\partial \psi_3}{\partial x^1} - \frac{\partial \psi_1}{\partial x^3} &= 0, \\ \frac{\partial \psi_3}{\partial x^0} - \frac{\partial \psi_2}{\partial x^1} + \frac{\partial \psi_1}{\partial x^2} &= 0. \end{aligned}$$

Эта система может быть записана в форме

$$\{p_0 + \pi_1 p_1 + \pi_2 p_2 + \pi_3 p_3\}\psi = 0.$$

Три матрицы

$$\pi_1 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & i \\ 0 & -i & 0 \end{pmatrix} \qquad \pi_2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & -i \\ 0 & 0 & 0 \\ i & 0 & 0 \end{pmatrix} \qquad \pi_3 = \begin{pmatrix} 0 & i & 0 \\ -i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

подчиняются условиям перестановок

$$\pi_1 \pi_2 - \pi_2 \pi_1 = i\pi_3 \text{ (циклически)}$$

и имеют собственные значения

$$-1, 0, 1.$$

Легко проверить, что оператор $M_z + \pi_3$ является интегралом движения, и заключить, что фотон обладает целочисленным спином.

4) Специализация на случай нейтрино.

Волновая функция для нейтрино имеет все четыре компоненты отличные от нуля. Если мы выберем спиновые матрицы Дирака σ_1, σ_2, σ_3, то система [1] может быть записана так:

$$\{p_0 + \sigma_1 p_1 + \sigma_2 p_2 + \sigma_3 p_3\}\psi = 0.$$

Для того, чтобы формулировать закон сохранения для тензора энергии и импульса, мы должны воспользоваться еще матрицами ρ_1, ρ_2, ρ_3, которые коммутируют с матрицами σ_1, σ_2, σ_3.

Тензор энергии и импульса можно записать в форме

$$S_{ik} = \frac{1}{2}\psi^*(\sigma_i \rho_k + \sigma_k \rho_i)\psi.$$

Так как, аналогично случаю электрона Дирака, легко заключить, что наша частица обладает половинным спином, то предложенная теория способна описывать частицу, обладающую свойствами нейтрино.

Физико-математический институт
им. В. А. Стеклова Академии Наук СССР.
Москва.

Поступило
10 X 1934.

ZUR WELLENTHEORIE DER NEUTRINEN

Von G. RUMER

(Vorgelegt von S. Wawilow, Mitglied der Akademie, d. 10. X. 1934)

Die neuesten Untersuchungen auf dem Gebiete der Kernphysik scheinen dafür zu sprechen, dass es Teilchen gibt von der Masse Null und halbzahligen Spin. Im folgenden soll gezeigt werden, dass falls solche Teilchen ezistieren, sie sich zwangsläufig in den Formalismus der Wellenmechanik einbauen lassen. Wir untersuchen allgemein ein Teilchen von der Masse Null und spezialisieren später die Theorie auf Photonen und Neutrinen.

1) Bezeichnet $\psi_\sigma(q)$ die (mehrkomponentige) Wellenfunktion für ein Teilchen, welches nur Energie und Impuls besitzt, aber keine Ladung oder Ruhmasse, so hat das Integral

$$\sum_\sigma \int \psi_\sigma^*(q)\,\psi_\sigma(q)\,dq = W$$

die Dimension einer Energie und die Wellenfunktion kann kein Spinor sein.

2) Wir spalten die Wellengleichung

$$\Delta\psi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\psi}{\partial t^2} = 0$$

nach Dirac in zwei Faktoren

$$(-p_0 + s_1 p_1 + s_2 p_2 + s_3 p_3)(p_0 + s_1 p_1 + s_2 p_2 + s_3 p_3)\,\psi = 0$$

wo

$p_0 = \frac{1}{ic}\frac{\partial}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x^0}$, $p_1 = i\frac{\partial}{\partial x^1}$, $p_2 = i\frac{\partial}{\partial x^2}$, $\cdots$ s_1, s_2, s_3, — Paulische Matrizen.

Ohne auf eine spezielle Darstellung der s_i einzugehen, setzen wir

$$\psi = \psi_0 + s_1\psi_1 + s_2\psi_2 + s_3\psi_3$$

und erhalten das folgende System von Gleichungen

$$\begin{aligned}
&\frac{\partial\psi_0}{\partial x^0} + \frac{\partial x_1}{\partial x^1} + \frac{\partial\psi_2}{\partial x^2} + \frac{\partial\psi_3}{\partial x^3} = 0,\\
&\frac{\partial\psi_1}{\partial x^0} + \frac{\partial\psi_0}{\partial x^1} - \frac{\partial\psi_3}{\partial x^2} + \frac{\partial\psi_2}{\partial x^3} = 0,\\
-&\frac{\partial\psi_2}{\partial x^0} + \frac{\partial\psi_3}{\partial x^1} + \frac{\partial\psi_0}{\partial x^2} - \frac{\partial\psi_1}{\partial x^3} = 0,\\
-&\frac{\partial\psi_3}{\partial x^0} - \frac{\partial\psi_2}{\partial x^1} + \frac{\partial\psi_1}{\partial x^2} + \frac{\partial\psi_0}{\partial x^3} = 0,
\end{aligned} \qquad [1]$$

welches für jedes Teilchen von der Masse Null gilt.

3) Spezialisierung auf Photonen.

Erfahrungsgemäss gilt für das Photon das System der Maxwellschen Gleichungen

$$\operatorname{div}(\overline{H} + i\overline{E}) = 0$$

$$\operatorname{rot}(\overline{H} + i\overline{E}) = \frac{\partial(\overline{H} + i\overline{E})}{\partial x^0}.$$

Man sieht: es ist ein spezieller (entarteter) Fall des Systems [1], wo

$$\psi_0 \equiv 0, \quad \psi_1 = H_x + iE_x, \quad \psi_2 = H_y + iE_y, \quad \psi_3 = H_z + iE_z.$$

gesetzt ist.

Da es in der Maxwellschen Theorie drei und nicht vier ψ Grössen gibt, wird im System [1] die erste Gleichung eine Folge der drei letzten:

$$\frac{\partial \psi_1}{\partial x^0} - \frac{\partial \psi_3}{\partial x^2} + \frac{\partial \psi_2}{\partial x^3} = 0,$$
$$\frac{\partial \psi_2}{\partial x^0} + \frac{\partial \psi_3}{\partial x^1} - \frac{\partial \psi_1}{\partial x^3} = 0,$$
$$\frac{\partial \psi_3}{\partial x^0} - \frac{\partial \psi_2}{\partial x^1} + \frac{\partial \psi_1}{\partial x^2} = 0,$$

welches sich auch in der Matrizenform

$$\{p_0 + \pi_1 p_1 + \pi_2 p_2 + \pi_3 p_3\} \psi = 0$$

schreiben lässt.

Die drei Matrizen

$$\pi_1 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & i \\ 0 & -i & 0 \end{pmatrix} \qquad \pi_2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & -i \\ 0 & 0 & 0 \\ i & 0 & 0 \end{pmatrix} \qquad \pi_3 = \begin{pmatrix} 0 & i & 0 \\ -i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

gehorchen den Vertauschungsrelationen:

$$\pi_1 \pi_2 - \pi_2 \pi_1 = i\pi_3 \text{ (zyklisch)}$$

und besitzen die Eigenwerte

$$+1, \ 0, \ -1.$$

Man verifiziert leicht, dass der Operator $(M_z + \pi_3)$ ein Integral der Bewegung ist und folgert, dass das Photon einen ganzzahligen Spin besitzt.

4) Spezialisierung auf Neutrinen.

Die Wellentheorie für Neutrinen besitzt nach [1] vier Wellenfunktionen. Wählen wir etwa die Dirac'schen Spinmatrizen σ_1, σ_2, σ_3, so lässt sich die Wellengleichung in der Form

$$\{p_0 + \sigma_1 p_1 + \sigma_2 p_2 + \sigma_3 p_3\} \psi = 0$$

schreiben. Um den Erhaltungssatz für den Energie-Impuls Tensor auszusprechen, brauchen wir noch die Dirac'schen Matrizen ρ_1, ρ_2, ρ_3, die mit den σ_1, σ_2, σ_3 kommutieren.

Der Energie-Impuls Tensor lässt sich in der Form schreiben

$$S_{ik} = \frac{1}{2} \psi^* (\sigma_i \rho_k + \sigma_k \rho_i) \psi$$

an dem man leicht den Erhaltungssatz verifiziert.

Da man, wie beim Dirac'schen Elektron, leicht folgert, dass unser Teilchen einen halbzahligen Spin besitzt, scheint die hier vorgeschlagene Theorie ein Teilchen mit den Eigenschaften der Neutrinen zu beschreiben.

Steklоff'sches physikalisch-mathematisches Institut der Akademie der Wissenschaften der UdSSR. Moskau.

Eingegangen d. 10. X. 1934.

ФИЗИКА

С. А. АРЦЫБЫШЕВ и У. А. ПАРФИАНОВИЧ

ПРОНИКНОВЕНИЕ МЕДИ В КАМЕННУЮ СОЛЬ ПУТЕМ ЭЛЕКТРОЛИЗА

(*Представлено академиком С. И. Вавиловым 3 VIII 1934*)

Если прижать к основаниям кристалла каменной соли две медные пластинки и пропустить через кристалл ток, то из медного анода в соль проникают ионы меди, которые могут быть легко обнаружены различными способами ([1]).

Цель нашей работы состояла в том, чтобы определить подвижность ионов меди в каменной соли. Для этого кристалл соли размерами 2×1, 2×0.6 см, выколотый из большого куска, зажимался в специальном железном станочке между двумя медными пластинками. Между кристаллом и пластинками прокладывалась в два ряда тонкая медная сетка, дававшая безукоризненный контакт по всей поверхности соприкосновения. Положительный полюс батареи присоединялся к станку, а отрицательный к верхней медной пластинке, изолированной от станка слюдой и кварцем. Станок с кристаллом соли нагревался в электрической печи. Температура соли определялась платино-платинородиевой термопарой, спай которой касался кристалла. Такое определение температуры не вполне надежно, так как по кристаллу идет ток, вызывающий его нагревание, которое ощутительным образом сказывается при температурах выше 650° и при больших напряжениях. Это затруднение мы обходили во-первых тем, что брали кристалл в форме тонкой пластинки, а во-вторых подбирали соответствующим образом напряжение. Контролем служило постоянство тока в течение первой трети опыта.

Мы считаем, что даже при высоких температурах относительные ошибки в определении температуры кристалла не превосходят 2%.

После того, как ионы меди были загнаны в каменную соль, граница их проникновения определялась следующим способом ([1]):

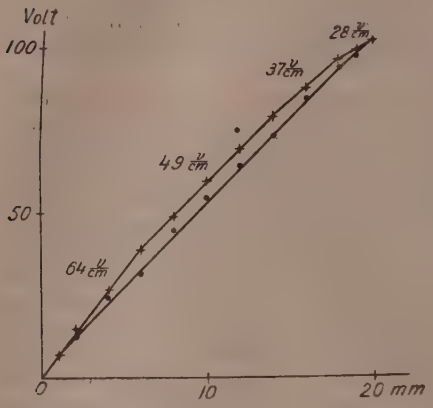
По остывании кристалла в верхней его части высверливалось отверстие, наполнявшееся металлическим натрием и закрывавшееся пришлифованной крышкой. После этого через кристалл, при той же температуре и том же напряжении, пропускался ток в прежнем направлении. При этом из натрия распространяется фиолетовое облачко, вызванное движением электронов ([2]), которые быстро перемещаются по направлению к аноду. Как только облачко доходит до границы зоны, в которую проникли ионы меди, так его движение почти прекращается и окраска начинает растекаться вширь. Если в этот момент изменить направление тока, электронное облачко поднимается вверх, оставляя за собой узенькую красную полоску меньше миллиметра шириной, с резким нижним и размытым верхним краями. Эта полоска представляет собой коллоид меди ([1,3]). Расстояние от нижнего основания кристалла до верхней границы красной полоски и представляет собой путь ионов меди за исследуемый промежуток времени. Ошибки измерений, ввиду размытости верхней границы полоски, могут достигать 0.1—0.2 мм.

Для того, чтобы можно было говорить о подвижности ионов, нужно прежде всего доказать, что их скорость пропорциональна напряжению поля и нужно также уметь определить это напряжение.

Поэтому мы занялись прежде всего исследованием электрического поля в кристалле с помощью электрометра.

На фиг. 1 дано типичное распределение потенциала в кристалле в начале опыта (точки) и в конце опыта (крестики). На вертикальной оси отложены разности потенциалов в вольтах, на горизонтальной оси—расстояния различных сечений кристалла в миллиметрах, считая от катода к аноду. Опыт шел при 648° в течение 40 минут; ионы меди проникли на глубину 12.8 мм от анода.

Как видно из фиг. 1, уже в начале опыта, минут через двадцать после того, как кристалл посажен в печь и минут через 6 после того, как через него пущен ток, распределение потенциала не линейно. У анода напряжение поля несколько меньше среднего (50 V/cm), у катода — больше. Эти неравномерности следует приписать изменению сопротивления частей кристалла, прилегающих к электродам. Уменьшение сопротивления участка каменной соли около анода объясняется проникновением в него чужих ионов, что, как известно, влечет за собой увеличение проводимости (4).



Фиг. 1. — Abb. 1.

Причины увеличения сопротивления катодного участка не совсем ясны, хотя имеют вполне реальный характер, так как наблюдались нами на всех 10 промеренных кристаллах, при разных температурах и напряжениях.

В конце опыта неравномерности в распределении потенциала значительно возрастают. В описываемом случае кривую распределения можно грубо разбить на четыре части. Напряжение в участке около катода 64 V/cm. В следующих двух участках 49 V/cm и 37 V/cm, а в прианодном участке, где концентрация ионов меди особенно велика, напряжение всего 28 V/cm.

Мы следим за перемещением фронта ионного облака. При напряжение поля в этой области ничего определенного сказать нельзя, кроме того, что оно имеет некоторое значение, лежащее между 49 V/cm и 64 V/cm. Таким образом нам не остается другого выхода, как рассчитывать подвижность ионов, относя ее к приложенному к кристаллу среднему напряжению.

Для того, чтобы выяснить связь между скоростью ионов и средним напряжением служила специальная серия опытов, проведенных при 648°. Длина кристаллов была 2 см, время прохождения тока 40 минут. Результаты опытов приведены на фиг. 2, где по вертикальной оси отложены глубины проникновения меди в миллиметрах, а по горизонтальной оси — приложенные к кристаллу напряжения в вольтах. Пути ионов, измеренные непосредственно в кристалле по окончании опыта, изображаются на рисунке точками.* Получается весьма удовлетворительная линейная зависимость, однако прямая не проходит через начало координат.

Фиг. 2. — Abb. 2.

Даже в отсутствии поля ионы меди за время опыта проникают в каменную соль на глубину около одного миллиметра. Этого следовало ожидать, так как ионы меди быстро диффундируют в соль (1). Во время прохождения тока диффузия действует в том же смысле, что и электрическое поле, увеличивая путь иона. Необходимо следовательно ввести соответствующую поправку, что не трудно сделать, если считать скорость диффузии той же самой, как и в отсутствии электрического поля. По предварительным, ориентировочным опытам, скорость диффузии меди в каменную соль при 648° равна $15.6 \cdot 10^{-8}$ мм/сек.

Пользуясь этим значением и учитывая полное время опыта, считая двукратное нагревание кристалла перед включением тока и перед окрашиванием, можно ввести поправку на диффузию. Полученные таким образом значения вполне удовлетворительно укладываются на прямой 2, проходящей через начало координат.

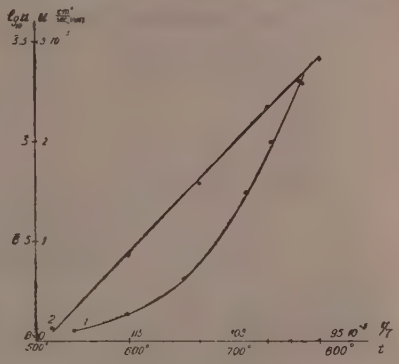
* Точки и крестики в кружках обозначают средние значения, полученные из нескольких опытов.

Итак подвижность ионов, определяемая по отношению к среднему напряжению, имеет вполне реальный физический смысл, хотя несколько превосходит по величине истинную подвижность.

После этих предварительных изысканий можно уже было приступить к окончательным определениям подвижностей при различных температурах, давая на кристалл то напряжение, которое наиболее соответствовало температуре опыта.

Мы применяли напряжения от 200 V/cm при 539° до 20 V/cm при 763°. Поправки на диффузию при низких температурах составляли 5—6%, а при температурах в 648° и выше они составляли обычно 10—12% измеряемой величины.

На фиг. 3 приведены окончательные результаты наших опытов. Кривая 1 дает подвижность ионов как функцию от температуры, кривая 2 выражает зависимость между lg u и обратной величиной абсолютной температуры.



Фиг. 3. — Abb. 3.

Как видно из фигуры экспоненциальный закон возрастания подвижности ионов выражается весьма точно в исследованной области температур.

Интересно было сравнить подвижности ионов меди с подвижностями красящих центров (электронов). Подвижности электронов взяты из работы Стасова (5).

Температура Temperatur	550	650	750	780
Подвижность ионов меди Beweglichkeit der Kupferionen . .	$0.44 \cdot 10^{-5}$	$1.47 \cdot 10^{-5}$	$2.5 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-5}$
Подвижность электронов Beweglichkeit der Elektronen . . .	$2.8 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$10 \cdot 10^{-4}$	$1.4 \cdot 10^{-3}$

Из этой таблицы видно, что скорости электронов примерно в 50 раз больше скоростей ионов меди.

Принимая во внимание, что радиусы ионов натрия и меди почти равны (98 и 96 — по Гольдшмидту), можно думать, что и их подвижности не слишком отличаются друг от друга.

Более подробные сведения о движении ионов меди в каменной соли может дать способ „зонда“. При этом способе в кристалл загоняется из медного анода узкая полоска ионов меди, которая продвигается током дальше уже после того как медные электроды заменены другими, например железными.*

* Ионы железа повидимому не проходят через соль.

После окончания опыта полоска „проявляется“ погружением кристалла на несколько минут в жидкий натрий при температуре 600—650°. Результаты этих опытов и опытов по диффузии, равно как выяснение связи между подвижностью ионов и скоростью их диффузии, мы надеемся дать в следующем сообщении.

Физико-математический институт
им. В. А. Стеклова Академии Наук СССР.
Ленинград.

Поступило
3 VIII 1934.

PHYSIK

ÜBER DIE ELEKTROLYSE DES KUPFERS IM STEINSALZ

Von S. ARCYBYŠEV und U. PARFIANOVIČ

(*Vorgelegt von S. Wawilow, Mitglied der Akademie, d. 3. VIII. 1934*)

Wenn man an die Grundflächen eines Steinsalzkristalls zwei Kupferplatten andrückt und durch den Kristall einen Strom durchlässt, so dringen aus der Kupferanode Kupferionen in das Salz ein, die leicht mittels verschiedener Verfahren nachgewiesen werden können (1).

Das Ziel unserer Arbeit bestand in der Bestimmung der Beweglichkeit der Kupferionen im Steinsalz. Zu diesem Zweck wurde ein $2 \times 1.2 \times 0.6$ cm grosser aus einem grösseren Stück herausgespaltener Salzkristall in einem speziellen Gestell zwischen 2 Kupferplatten eingeklemmt. Zwischen dem Kristall und den Kupferplatten wurde in zwei Reihen ein dünnes Kupfernetz gelegt, dass einen tadellosen Kontakt auf der ganzen Berührung-fläche ergab. Der positive Pol der Batterie wurde an das Gestell, der negative Pol an die obere Kupferplatte, die durch Glimmer und Quarz vom Gestell isoliert war, angeschlossen. Das Gestell mit dem Salzkristall wurde im elektrischen Ofen erhitzt. Die Temperatur des Salzes wurde mit einem Platin-platinradiumthermopaar, dessen Lötnaht den Kristall berührte, bestimmt. Eine solche Temperaturbestimmung ist nicht ganz zuverlässig, da den Kristall entlang ein Strom läuft, der seine Erhitzung hervorruft. Diese Erhitzung macht sich bei Temperaturen über 650° und starken Spannungen empfindlich bemerkbar. Wir versuchten diese Schwierigkeit zu umgehen erstens dadurch, dass wir den Kristall in Form einer dünnen Platte nahmen, und zweitens durch eine entsprechende Auswahl der Spannung. Als Kontrolle diente die Konstanz des Stromes während des ersten Drittels der Versuchsdauer.

Wir glauben, dass sogar bei hohen Temperaturen die relativen Fehler in der Temperaturbestimmung des Kristalls 2% nicht übersteigen.

Nachdem die Kupferionen in das Steinsalz hineingetrieben worden waren, wurde die Grenze ihres Vordringens folgendermassen bestimmt:

Nach Erkaltung des Kristalls wurde in seinem oberen Teil ein Loch ausgebohrt, das mit metallischem Natrium gefüllt und mit einem angeschliffenen Deckel verschlossen wurde. Danach wurde durch den Kristall, bei derselben Temperatur und derselben Spannung und in derselben Richtung ein Strom durchgelassen. Dabei entsteht aus dem Natrium ein violettes Wölkchen; es wird durch die Bewegung von Elektronen, die sich schnell nach der Anode fortbewegen, erzeugt (2). Sobald das Wölkchen die Grenze der Zone des Vordringens der Kupferionen erreicht, hört seine Bewegung fast gänzlich auf und seine Farbung beginnt in die Breite auszufliessen.

Ändert man in diesem Moment die Stromrichtung, so hebt sich das Elektronenwölkchen empor, indem es einen schmalen roten weniger als 1 mm breiten Streifen hinterlässt mit klar ausgesprochenem unteren und verwaschenem oberen Rande. Dieser Streifen ist ein Kupferkolloid ([1, 3]). Der Abstand von der unteren Grundfläche des Kristalls bis zur oberen Grenze des roten Streifens stellt den Weg der Kupferionen in dem untersuchten Zeitabschnitt dar. Die Fehler der Messung infolge der Verwaschung des oberen Streifenrandes können 0.1—0.2 mm erreichen.

Um von der Beweglichkeit der Ionen reden zu können, muss man vor allen Dingen beweisen, dass ihre Geschwindigkeit der Feldstärke proportional ist; auch muss man diese Feldstärke zu bestimmen wissen. Darum haben wir vor allen Dingen das elektrische Feld im Kristall mittels eines Elektrometers untersucht.

Auf Abb. 1 (S. 26) 1 ist eine typische Verteilung des Potentials im Kristall zu Anfang des Experiments (Punkte) und zum Schluss (Kreuzchen) dargestellt. Auf der senkrechten Axe sind die Potentialdifferenzen in Volt aufgetragen, auf der wagerechten Axe die Abstände der verschiedenen Querschnitte des Kristalls in Millimetern in der Richtung von der Kathode zur Anode. Der Versuch dauerte 40 Min. lang bei einer Temperatur von 648°; die Kupferionen drangen bis zu einer Tiefe von 12.8 mm von der Anode ein. Aus der Abb. 1 ist zu ersehen, dass schon bei Beginn des Experiments, ungefähr 20 Minuten, nachdem der Kristall in den Ofen gesetzt worden war, und ungefähr 6 Minuten nach Durchlassung des Stromes die Verteilung des Potentials nicht linear ist. Bei der Anode ist die Feldstärke etwas kleiner als die mittlere Norm (50 V/cm), bei der Kathode— grösser. Diese Ungleichheiten müssen Veränderungen des Widerstands der den Elektroden anliegenden Kristallteile zugeschrieben werden. Die Abnahme des Widerstands des Steinsalzabschnittes bei der Anode geht auf das Eindringen fremder Ionen in den Kristall zurück, welches bekanntlich eine Steigerung der Leitungsfähigkeit herbeiführt ([4]).

Die Ursachen der Widerstandszunahme des Kathodenabschni ttes sind nicht ganz klar, aber doch durchaus real, weil sie von uns an allen 10 gemessenen Kristallen bei verschiedenen Temperaturen und Spannungen beobachtet wurden.

Zum Schluss des Experiments werden die Ungleichmässigkeiten der Potentialverteilung bedeutend grösser. Im beschriebenen Fall kann man die Verteilungskurve grob in 4 Teile zerlegen: die Spannung des Abschnittes an der Kathode ist 64 V/cm stark, die der folgenden 2 Abschnitte 49 und 37 V/cm und im Anodenabschnitt, wo die Konzentration der Kupferionen besonders gross ist, 28 V/cm.

Wir verfolgen die Frontverschiebung der Ionenwolke. Über die Feldstärke auf diesem Gebiet lässt sich nichts Bestimmtes sagen, es sei denn, dass sie eine Stärke zwischen 49 und 64 V/cm aufweist. Somit bleibt uns nichts Anderes übrig als die Beweglichkeit der Ionen zu berechnen, indem wir sie auf die mittlere an den Kristall angebrachte Spannung beziehen.

Um den Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit der Ionen und der mittleren Spannung festzustellen, wurde eine spezielle Serie von Versuchen bei 648° durchgeführt. Die Länge der Kristalle betrug 2 cm, die Zeit des Stromdurchgangs — 40 Min Die Ergebnisse der Experimente sind auf Abb. 2 veranschaulicht. Auf der senkrechten Axe sind die Tiefenabstände des Eindringens Kupfers in Millimetern aufgetragen, und auf der wagerechten Axe die an den Kristall angewandten Spannungen in Volt. Die Wege der Ionen die nach Abschluss des Versuchs unmittelbar im Kristall gemessen wurden, sind auf der Abbildung durch Punkte angegeben.* Man erhält eine durchaus befriedigende lineare Abhängigkeit, aber die Gerade geht nicht durch den Anfangspunkt der Koordinaten.

Die Kupferionen dringen während des Experiments bis zu einer Tiefe von circa einem Millimeter in das Steinsalz auch dann ein, wenn das Feld fehlt. Dieses konnte man erwarten, weil die Kupferionen rasch in das Salz diffundieren. Während des Stromdurchgangs wirkt die Diffusion ebenso, wie das elektrische Feld, indem sie den Weg der Ionen verlängert. Man muss daher eine entsprechende Korrektur einführen. Dieses ist nicht schwer, wenn man die Geschwindigkeit der Diffusion einer solchen beim Fehlen der elektrischen Feldes als gleich annimmt.

Die ersten, orientierenden Versuche ergeben eine Geschwindigkeit der Kupferdiffusion ins Steinsalz von $15.6 \cdot 10^{-3}$ mm/sec. bis 648°.

* Die eingekreisten Punkte und Kreuzchen bezeichnen aus mehreren Experimenten erhaltene Durchschnittswerte.

Indem wir diesen Wert benutzen und die ganze Dauer des Experimentes, die zweifache Erhitzung des Kristalls vor der Stromeinschaltung und vor dem Färben miteingerechnet, in Betracht ziehen, kann man die Korrektur inbezug auf die Diffusion einführen. Die so erhaltenen Werte ordnen sich in ganz genügender Weise auf der Geraden 2, die durch den Anfangspunkt der Koordinaten geht, ein.

Somit hat die Beweglichkeit der Ionen, die im Verhältnis zur mittleren Spannung bestimmt wird, einen realen physikalischen Sinn, obgleich sie die wirkliche Beweglichkeit etwas übersteigt.

Nach diesen vorbereitenden Untersuchungen konnte man schon zu die endgültigen Bestimmungen der Verschiebbarkeit bei verschiedenen Temperaturen übergehen, wobei auf den Kristall eine der Temperatur des Experiments am besten entsprechende Spannung angewandt wurde. Wir benutzten Spannungen von 200 V/cm bei 539° bis 20 V/cm bei 763°.

Die Korrekturen inbezug auf die Diffusion ergaben bei niedrigen Temperaturen 5—6%, und bei Temperaturen von 648° und höher 10—12% der gemessenen Grösse.

Auf Abb. 3 sind die endgültigen Resultate unserer Experimente angegeben. Kurve 1 zeigt die Beweglichkeit der Ionen als Funktion der Temperatur, Kurve 2 stellt die Abhängigkeit zwieschen lg u und der umgekehrten Grösse der absoluten Temperatur dar.

Wie aus der Abbildung ersichtlich, kommt das Exponentialgesetz der Zunahme der Ionenbeweglichkeit im untersuchten Gebiet der Temperaturen zu einem sehr genauen Ausdruck. Es war interessant die Verschiebbarkeit der Kupferionen mit der Beweglichkeit der färbenden Zentren (Elektronen) zu vergleichen. Die Daten über die Beweglichkeit der Elektronen der Arbeit von Stasov [5] entnommen.

Aus der Tabelle S. 27 ist zu ersehen, dass die Geschwindigkeiten der Elektronen 50 mal grösser sind als die der Kupferionen.

Zieht man in Betracht, dass die Radien der Natriumionen und der Kupferionen fast gleich sind (98 und 96, nach Goldschmidt), so kann man annehmen, dass ihre Beweglichkeitsgrössen nicht zu sehr von einander abweichen. Genauere Daten über die Bewegung der Kupferionen im Steinsalz kann das „Sondenverfahren" ergeben. Bei diesem Verfahren wird aus der Kupferanode ein schmaler Streifen von Kupferionen in den Kristall hineingetrieben. Dieser Streifen wird mit dem Strom weiter geschoben, nachdem die Kupferelektroden durch andere, z. B. eiserne *, ersetzt worden sind.

Nach Schluss des Experiments wird der Streifen „entwickelt", indem man den Kristall für einige Minuten in flüssiges Natrium bei einer Temperatur von 600—650° taucht. Die Ergebnisse dieser Experimente und der Diffusionexperimente gleichwie die Erforschung des Zusammenhangs zwischen der Beweglichkeit der Ionen und ihrer Diffusionsgeschwindigkeit hoffen wir im nächstfolgenden Bericht mitzuteilen.

Stekloff'sches physikalisch-mathematisches
Institut der Akademie der Wissenschaften der UdSSR.
Leningrad.

Eingegangen
d. 3. VIII. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITERATUR

[1] С. Арцыбышев. ДАН, т. III, № 1, 1934. S. Arcybyšev. C. R. Acad. Sci. URSS, v. III, № 1, 1934. [2] O. Stasov. Nachr. d. Ges. d. Wissenschaften zu Göttingen, 1932. [3] S. Arzybyschew et Toporetz. Journal de Physique, zu erscheinen. [4] C. Tubandt, H. Reinhold u. W. Jost. J. f. phys. Chemie, Bd. 29, 69, 1927. [5] O. Stasov. Nachr. d. Ges. d. Wissenschaften zu Göttingen, № 50, 1933.

* Wie es scheint, dringen die Eisenionen in das Salz nicht ein.

ФИЗИКА

А. ЛЕВАШЕВ

К ВОПРОСУ О РЕЛЯТИВИЗАЦИИ КЛАССИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ.

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 3 VII 1934)

Эйнштейн в общем принципе относительности постулировал метрический характер пространства. При этом он оставил в стороне важный вопрос о способе арифметизации пространства.

Было бы интересно построить теорию, исходя из иных, более общих положений, и именно так, чтобы процесс арифметизации играл явную роль, и метрический характер переноса был бы следствием некоторых физических законов.

В основу данной теории положим два постулата:

а) Каждый наблюдатель производит арифметизацию пространства посредством евклидова пространства, касательно к реальному четырехмерному в точке наблюдения.

в) Каждый наблюдатель может, определив геодезическую линию, как траекторию движения свободной частицы, при надлежащем выборе координатной системы и единичных векторов, принимать свое локальное пространство за евклидово, и себя считать покоющимся.

Математически это обозначает, что в физическом пространстве имеет место аффинный перенос.

§ 1. Как физически наиболее простое, примем для коэффициентов аффинной связи следующие выражения:

$$\bar{\Gamma}^{\nu}_{\lambda\mu} = \Gamma^{\nu}_{\lambda\mu} + g_{\lambda\mu} a^{\nu}, \qquad [1]$$

где $\bar{\Gamma}^{\nu}_{\lambda\mu}$ — параметры при наличии гравитирующей материи, $\Gamma^{\nu}_{\lambda\mu}$ — параметры евклидова пространства, $g_{\lambda\mu}$ — фундаментальный тензор, a^{ν} — вектор, который мы будем называть вектором связи, и который и можно идентифицировать с четырехмерным вектором плотности силы.

Уравнение геодезической линии определенного таким образом пространства соответствует точно уравнению движения Ньютона

$$\dot{x}^{\alpha} \nabla_{\alpha} \dot{x}^{\nu} + a^{\nu} = 0, \qquad [2]$$

где ∇_{α} — символ ковариантной производной относительно $\Gamma^{\nu}_{\lambda\mu}$.

Физический смысл выражения [1] таков: вообще не существует в пространстве поля постоянных единичных векторов; они вообще говоря, меняются от точки к точке. При перемещении вдоль направления силы единичный вектор, параллельный вектору силы, увеличивается, временный же единичный вектор уменьшается. Сила характеризует анизотропию пространства.

Чтобы сохранить специфический характер пространства ньютоновой механики, — постоянство, при надлежащем выборе координатной системы, фундаментального тензора — определим этот тензор посредством уравнения

$$\bar{\nabla}_{\mu} g_{\nu\lambda} = -2 g_{\mu(\nu} a_{\lambda)},$$

где $\bar{\nabla}_{\mu}$ — символ ковариантной производной относительно $\bar{\Gamma}^{\nu}_{\lambda\mu}$.

Из этого уравнения следует, что в таком пространстве векторы, вообще говоря не имеют постоянной нормы, но

$$d(v)^2 = 2u^2 a_{\beta} dx^{\beta},$$

где u^{ν} составляющая вектора v^{ν}, параллельная вектору a^{ν}.

§ 2. Чтобы исследовать внутреннюю структуру конструированного таким образом пространства, рассмотрим тензоры кривизны. В этом сообщении мы ограничимся, в первом приближении, членами, линейными относительно вектора связи и его производных. Тогда

$$R_{\omega\mu\lambda}^{\cdots\nu} = 2g_{\lambda[\omega}\nabla_{\mu]}a^{\nu}.$$

Как известно, пространство обладает метрическим характером тогда и только тогда, когда существует поле постоянных единичных n-векторов. В нашем случае

$$R_{\omega\mu\alpha}^{\cdots\alpha} = 2\nabla_{[\omega}a_{\mu]},$$

следовательно метрическим может быть только пространство с потенциальным вектором связи. Отсюда ясно, что гравитационное поле только в силу своего консервативного характера может быть геометризовано в рамках метрической геометрии.

В дальнейшем примем, что a^{ν} есть вектор гравитационной силы и следовательно

$$R_{\omega\mu\alpha}^{\cdots\alpha} = 0.$$

Для скаляра кривизны получим тогда:

$$R = -3\nabla_{\alpha}\nabla^{\alpha}\theta, \qquad [3]$$

где $\nabla^{\alpha}\theta = a^{\alpha}$. Мы можем это уравнение идентифицировать с четырехмерным обобщением уравнения Пуассона

$$\nabla_{\alpha}\nabla^{\alpha}\theta = 4\pi\rho$$

и тем определить физический смысл скаляра кривизны:

$$4\pi\rho = -\frac{1}{3}R. \qquad [4]$$

Из [3] следует, что гравитационное действие распространяется с фундаментальной скоростью.

§ 3. Как применение теории, рассмотрим движение перигелия Меркурия. Наблюдатель, с о д в и ж у щ и й с я с Меркурием, потребовав на бесконечном расстоянии от солнца евклидов характер геометрии, получит из [2], [3] и [4], в обычных обозначениях, для траектории своей планеты уравнения *

$$r_m^2 + r_m^2\dot{\varphi}^2 - \frac{2m}{r} = c$$
$$r_m^2\dot{\varphi}^2 = h. \qquad [5]$$

Индекс m указывает, что данные величины измерены „меркурианцем“. Для земного наблюдателя уравнения движения Меркурия будут иметь существенно иной вид, ибо он арифметизирует пространство иным масштабом, чем „меркурианец“.

$$\frac{r_m}{r_i} = \frac{1+\frac{m_m}{r_m}}{1+\frac{m_i}{B}} \simeq 1+\frac{m_m}{r_m}-\frac{m_i}{B}, \qquad [6]$$

где B — расстояние Земли от Солнца, а индекс i указывает земного наблюдателя.

* Поправку специального принципа относительности принимать во внимание не будем.

Так как

$$\frac{m_m}{r_m} = \frac{m_i}{r_i}, \qquad [7]$$

то из [5], [6] и [7] получим

$$\left(\frac{du}{d\varphi}\right)^2 = \frac{c}{h}\left(1 - \frac{2m}{B}\right) + \frac{2m}{h^2}\left(1 - \frac{2m}{B}\right)u - u^2 + 2mu^3,$$

где

$$u = \frac{1}{r_i} \quad \text{и} \quad m = m_i.$$

Это выражение при $B \to \infty$ совпадает с известным выражением Эйнштейна и дает для движения перигелия то же самое выражение

$$\frac{d\Pi}{dt} = \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{3m}{p}.$$

Ленинградский физико-механический институт.

Поступило 3 VII 1934.

PHYSIK

ZUR FRAGE DER RELATIVISIERUNG DER KLASSISCHEN MECHANIK. I

Von A. LEVAŠOV

(*Vorgelegt von S. Wawilow, Mitglied der Akademie, d. 3. VII. 1934*)

Einstein hat in seiner allgemeinen Relativitätstheorie die metrische Struktur des physikalischen Raumes postuliert. Dabei hat er die physikalisch wichtige Frage der Raumarithmetisierung unberücksichtigt gelassen.

Es wäre interessant die Relativitätstheorie, von anderen, allgemeineren. Grundsätzen ausgehend, zu konstruieren, und zwar so, dass der Prozess der Arithmetisierung des Raumes deutlich hervorträte und der metrische Charakter der Übertragung sich als Folge eines gewissen physikalischen Gesetzes erwiese.

Dieser Theorie liegen zwei Postulate zugrunde:

a) Jeder Beobachter vollzieht die Arithmetisierung des Raumes mittels des euklidischen Raumes, der den reellen vierdimensionalen Raum im Beobachtungspunkt tangiert.

b) Jeder Beobachter kann, wenn er die geodätische Linie als Bahn eines sich frei bewegenden Massenteilchens bestimmt, bei geeigneter Wahl des Koordinatensystems und der Massvektoren, seinen lokalen Raum als einen euklidischen auffassen und sich selbst als ruhend ansehen. Mathematisch bedeutet das, dass im physikalischen Raume eine lineare affine Übertragung stattfinden muss.

§ 1. Als physikalisch einfachsten Ansatz für die affinen Zusammenhangskoeffizienten nehmen wir den folgenden:

$$\bar{\Gamma}^{\nu}_{\lambda\mu} = \Gamma^{\nu}_{\lambda\mu} + g_{\lambda\mu}\, a^{\nu} \qquad [1]$$

an, worin $\bar{\Gamma}^{\nu}_{\lambda\mu}$ die Parameter bei Vorhandensein von gravitierender Materie $\Gamma^{\nu}_{\lambda\mu}$ — die Parameter des euklidischen Raumes, $g_{\lambda\mu}$ den Fundamentaltensor, a a^{ν} einen Vektor, der mit dem Vektor der vierdimensionalen Kraftdichte identisch ist, und den wir als Zusammenhangsvektor bezeichnen, bedeuten.

Die Gleichungen der geodätischen Linien des so bestimmten Raumes entsprechen genau den Newtonschen Bewegungsgleichungen:

$$\dot{x}^\alpha \nabla_\alpha \dot{x}^\nu + a^\nu = 0, \qquad [2]$$

worin ∇_α das Symbol der kovarianten Differentiation inbezug auf $\Gamma^\nu_{\lambda\mu}$ ist. Der physikalische Sinn des Ausdrucks [1] ist wie folgt: im allgemeinen gibt es im Raume keine konstanten Einheitsvektoren, sondern sie variieren von Ort zu Ort, und der Zusammenhangsvektor a^ν gilt als Mass dieser Änderung. Bei Verschiebung längs der Kraftrichtung nimmt der dieser letzteren parallele Massvektor zu, der zeitliche Massvektor, dagegen, ab.

Um den spezifischen Charakter des Raumes der Newtonschen Mechanik — die Konstanz des Fundamentaltensors, bei geeigneter Wahl des Koordinatensystems, zu wahren, bestimmen wir diesen Tensor durch die Gleichung

$$\bar{\nabla}_\mu g_{\nu\lambda} = -2g_{\mu(\nu}a_{\lambda)},$$

worin $\bar{\nabla}_\mu$ das Symbol der kovarianten Differentiation inbezug auf $\Gamma^\nu_{\lambda\mu}$ ist. Aus dieser Gleichung folgt, dass in einem solchen Raume kein Vektor konstante Norm hat, sondern

$$d(v)^2 = 2u^2 a_\beta dx^\beta$$

ist, worin u^ν die dem Zusammenhangsvektor a^ν parallele Komponente des Vektors v^ν ist.

§ 2. Um die innere Struktur des so konstruierten Raumes zu ermitteln, untersuchen wir die Eigenschaften der Krümmungsgrössen. In dieser Mitteilung beschränken wir uns in der ersten Annäherung auf die linearen inbezug auf den Zusammenhangsvektor und seine Ableitungen Glieder. Folglich haben wir

$$R^{\cdots\nu}_{\omega\mu\lambda} = 2g_{\lambda[\omega}\nabla_{\mu]}a^\nu,$$

Wie bekannt, ist der Raum dann und nur dann metrischer Natur, wenn die aufgestellte Übertragung inhaltstreu ist. In unserem Falle ist

$$R^{\cdots\alpha}_{\omega\mu\alpha} = 2\nabla_{[\omega}a_{\mu]},$$

also, ist nur der Raum mit dem potentiellen Zusammenhangsvektor metrisch. Hieraus ersehen wir, dass das Gravitationsfeld ausschliesslich seines konservativen Charakters wegen im Rahmen der metrischen Geometrie erklärbar ist.

In Folgenden nehmen wir an, dass a^ν ein Vektor der Gravitationskraft ist und also

$$R^{\cdots\alpha}_{\omega\mu\alpha} = 0.$$

Für den Krümmungsskalar erhalten wir

$$R = -3\nabla_\alpha \nabla^\alpha \theta, \qquad [3]$$

worin $\nabla^\alpha \theta = a^\alpha$ ist.

Wir können diese Gleichung mit der vierdimensionalen Erweiterung der Poissonschen Gleichung identifizieren und damit den physikalischen Sinn des Krümmungsskalars feststellen:

$$4\pi\rho = -\frac{1}{3}R. \qquad [4]$$

Aus [3] folgt, das die Gravitationswirkung sich mit fundamentaler Geschwindigkeit fortpflanzt.

§ 3. Als Anwendung der Theorie betrachten wir die Perihelbewegung des Merkur. Ein Beobachter, der sich mit dem Merkur mitbewegt, wenn er in unendlicher Entfernung von der Sonne den euklidischen Charakter des Raumes postuliert, erhält aus [2], [3] und [4] für die Bahn seines Planeten in den üblichen Bezeichnungen den Ausdruck.*

$$r_m^2 + r_m^2 \dot{\varphi}^2 - \frac{2m}{r} = c$$
$$r_m^2 \dot{\varphi}^2 = h. \qquad [5]$$

Der Index m zeigt an, dass die Grösse von einem „Merkurianer" gemessen worden ist. Für den irdischen Beobachter haben aber die Gleichungen der Bewegung des Merkur eine wesentlich andere Form, weil der Erdbeobachter den Raum mit anderem Masstab, als der „Merkurianer" arithmetisiert:

$$\frac{r_m}{r_i} = \frac{1 + \frac{m_m}{r_m}}{1 + \frac{m_i}{B}} \simeq 1 + \frac{m_m}{r_m} - \frac{m_i}{B}, \qquad [6]$$

worin B die Entfernung der Erde von der Sonne ist. Da aber

$$\frac{m_m}{r_m} = \frac{m_i}{r_i} \qquad [7]$$

ist, erhalten wir aus [5], [6] und [7]:

$$\left(\frac{du}{d\varphi}\right)^2 = \frac{c}{h}\left(1 - \frac{2m}{B}\right) + \frac{2m}{h^2}\left(1 - \frac{2m}{B}\right)u - u^2 + 2mu^3,$$

worin $u = \frac{1}{r_i}$ und $m = m_i$ ist.

Dieser Ausdruck stimmt bei $B \to \infty$ mit dem wohlbekannten Einsteinschen Ausdruck überein und ergibt für die säkulare Perihelbewegung dieselbe übliche Gleichung

$$\frac{d\Pi}{dt} = \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{3m}{p}.$$

Physikalisch-mechanisches Institut.
Leningrad.

Eingegangen
d. 3. VII.1934.

* Die Korrektion der speziellen Relativitätstheorie wird beiseite gelassen.

ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Г. А. ГИММЕЛЬМАН и М. Б. НЕЙМАН

ИСКРОВОЕ ЗАЖИГАНИЕ СМЕСИ МЕТАНА С КИСЛОРОДОМ

(*Представлено академиком Н. Н. Семеновым 29 VI 1934*)

На вопрос о механизме воспламенения газовых смесей искрой в настоящее время нет определенного ответа.

Ряд исследователей (1) считают, что действие искры заключается в нагревании небольшого объема газа до высокой температуры, причем происходит часто тепловое воспламенение.

Другие (2) наоборот на первый план выдвигают создание искрой большой местной концентрации активных центров, чем и обусловливается воспламенение смеси.

В качестве объекта для исследования условий искрового зажигания мы выбрали смесь $CH_4 + 2O_2$, условия термического воспламенения кото-

рой изучены достаточно подробно ([3]). Окисление метана относится повидимому к классу реакций с медленно развивающимися разветвляющимися цепями, причем оно сильно ускоряется при введении ионов или других активных центров, образующихся при разряде ([4]). Методика эксперимента будет описана в нашей статье, которая вскоре будет напечатана.

Зажигающая способность искры. Прежде всего мы поставили своей задачей выяснить, чем определяется зажигательная способность искры — количеством электричества cV или энергией $\frac{cV^2}{2}$. Опыты были произведены при давлениях 25.5 мм, 31.5 мм и 36.5 мм.

Для иллюстрации приводим результат второй серии опытов, в которой воличина емкости изменялась в 15 раз, а напряжение в 3—8 раза.

Таблица 1 — Tabelle 1

$p = 31.5$ мм; $d = 2.4$ мм

$c \cdot 10^9$	29	18.7	9	3	2
V	2000	2500	3600	6200	7600
cV	58	46.7	32.4	18.6	15.2
$\frac{cV^2}{2} \cdot 10^{-4}$ эрг. . .	58	58.5	58.2	57.8	57.9

Как видно из таблицы, зажигательная способность искры определяется величиной $\frac{cV^2}{2}$, а не cV.

Две других серии привели к такому же однозначному заключению. Из полученного результата мы не склонны делать вывод, что искровое зажигание имеет чисто тепловой характер. В самом деле каждый ион при разряде, двигаясь в междуэлектродном пространстве, может образовать в результате столкновений ряд активных молекул. Естественно предположить, что число образованных активных молекул пропорционально произведению числа ионов на ускоряющий потенциал, т. е. величине cV^2.

Влияние давления. При понижении давления газовой смеси минимальная энергия искры, необходимая для зажигания, возрастает. Этот факт наблюдался рядом исследователей. В частности Конторова ([5]), изучившая зажигание искрой смесей водорода с кислородом, предложила эмпирическую формулу следующего вида, связывающую p с cV^2:

$$\lg \frac{p}{\sqrt{cV^2}} = \frac{A}{\sqrt{cV^2}} + B. \qquad [1]$$

Данные, полученные нами для смеси $CH_4 + 2O_2$, часть которых приведена в таблице 2, удовлетворительно укладываются в эту формулу.

Таблица 2 — Tabelle 2

Емкость конденсатора $c = 8150$ см

P мм	16.5	18.5	20.5	22.5	24	26	30	32	34	36	38
V	4500	4000	4000	3250	2550	2100	2000	1900	1800	1750	1600
$\frac{cV^2}{2} 10^{-5}$ опыт	9.2	7.2	7.2	4.80	2.94	2.00	1.81	1.63	1.41	1.38	1.15
$\frac{cV^2}{2} 10^{-5}$ выч.	13.3	7.9	6.6	4.21	2.86	1.99	1.81	1.63	1.47	1.38	1.22

Влияние расстояния между электродами. Эта серия опытов произведена в стеклянном сосуде при комнатной температуре и постоянном $p = 26$ мм. Расстояние между электродами изменялось от 0.4 до 4.5 мм. Результаты опытов приведены в табл. 3.

Таблица 3—Tabelle 3

d мм	0.4	0.5	1	2	3	4.5
$\frac{cV^2}{2} \cdot 10^{-7}$ . .	1.4	0.94	0.32	0.17	0.12	0.09

Как видно из таблицы, при больших d для зажигания необходима почти постоянная энергия искры. При малых d энергия зажигающей искры быстро возрастает. Полученные нами данные могут быть выражены следующей эмпирической формулой:

$$\frac{cV^2}{2} = 0.10 + \frac{0.21}{d^2}. \qquad [2]$$

Влияние температуры исследовалось в сосудах из пирекса и кварца. Опыты производились при постоянной плотности газовой смеси $\rho = \frac{P}{T}$, отвечающей давлению 10 см при 0°C.

Как видно из табл. 4, при повышении температуры от комнатной до 417°C энергия зажигающей искры снизилась в 12 раз.

Таблица 4—Tabelle 4

$p_0 = 10$ см; $d = 1.2$ мм

t° C	15	25	100	250	417
$\frac{cV^2}{2} \cdot 10^{-2}$ эрг. .	360	315	155	48	30

Результаты эксперимента могут быть выражены эмпирической формулой

$$cV^2 \cdot e^{-\frac{\gamma}{T}} = \text{const}, \qquad [3]$$

где $\gamma = 1200$.

Дискуссия. Приведенные выше факты можно понять, если предположить, что механизм воспламенения цепной, причем роль искры сводится к созданию высокой концентрации активных центров n, которую в первом приближении можно считать пропорциональной cV^2.

Н. Н. Семенов (6), учитывая взаимодействия цепей при разветвлении, для нарастания концентрации активных центров приводит уравнение:

$$\frac{dn}{dt} = n_0 - gn + fn^2, \qquad [4]$$

где n_0 — число активных центров, самопроизвольно зарождающихся в 1 сек., g и f — факторы обрыва и разветвления.

Если считать, что в нашем случае $n_0 = 0$, и учесть диффузию активных центров к электродам, где они гибнут, при помощи члена $D\frac{d^2n}{dx^2}$, то мы получим уравнение:

$$\frac{\partial n}{\partial t} = D\frac{\partial^2 n}{\partial x^2} - gn + fn^2. \qquad [5]$$

Условие воспламенения $\frac{dn}{dt}=0$ в этом случае имеет вид:

$$D\frac{d^2n}{dx^2}-gn+fn^2=0. \qquad [6]$$

Мы можем определить вид функции n следующим образом. Обозначив расстояние между электродами $2a$, введем безразмерную переменную $y=\frac{x}{a}$. Тогда уравнение [6] преобразуется к виду

$$\frac{d^2n}{dy^2}-\frac{ga^2}{D}n+\frac{fa^2}{D}n^2=0. \qquad [7]$$

Положив $n=\frac{D}{fa^2}z$, мы получим уравнение, содержащее один параметр $\frac{ga^2}{D}$;

$$\frac{d^2z}{dy^2}+z^2-\frac{ga^2}{D}z=0. \qquad [8]$$

Так как $z=F\left(\frac{ga^2}{D}\right)$, то

$$n=\frac{D}{fa^2}F\left(\frac{ga^2}{D}\right). \qquad [9]$$

Разлагая $F\left(\frac{ga^2}{D}\right)$ в ряд Тэйлора-Маклорена и ограничиваясь двумя первыми членами разложения, мы получим:

$$n=F'(0)\frac{g}{f}+F(0)\frac{D}{fa^2}. \qquad [10]$$

Пренебречь членами разложения, содержащими высокие степени $\frac{ga^2}{D}$, можно, если $\frac{ga^2}{D}\ll 1$, что повидимому в нашем случае имеет место.

Выведенная нами зависимость [10] совпадает с эмпирической формулой [2], если положить $n=kcV^2$.

При достаточно большом расстоянии между электродами вторым членом можно пренебречь и мы получаем условие воспламенения

$$cV^2\sim\frac{g}{f}. \qquad [11]$$

Так как $g=g_0e^{-\frac{\gamma_1}{T}}$, а $f=f_0e^{-\frac{\gamma_2}{T}}$, то

$$cV^2\sim e^{\frac{\gamma_2-\gamma_1}{T}}. \qquad [12]$$

Легко видеть, что эта формула совпадает с найденным нами законом [3] убывания энергии зажигающей искры при повышении температуры.

В заключение считаем своим долгом выразить признательность О. Тодесу за дружеское участие и помощь при обсуждении результатов работы.

Институт химической физики.
Лаборатория окисления углеводородов.
Ленинград.

Поступило
29 VI 1934.

CHEMISCHE PHYSIK

FUNKENZÜNDUNG DES METHAN-SAUERSTOFF-GEMISCHES

Von. G. GIMMELMANN und M. NEUMANN

(Vorgelegt von N. Semenov, Mitglied der Akademie, d. 29. VI. 1934)

Auf die Frage nach dem Mechanismus der Funkenzündung von Gasgemischen kann man zur Zeit noch keine bestimmte Antwort geben. Eine Reihe von Forschern (1) meinten, die Einwirkung des Funkens bestehe in einer blossen Erwärmnug eines kleinen Gasvolumens bis auf eine hohe Temperatur, und der ganze Vorgang sei eine reine Wärmeentflammung.

Im Gegensatz dazu betonen andere Autoren (2), es sei die durch den Funken geschaffene hohe lokale Konzentration aktiver Zentren, welche die Entflammung des Gemisches verursache.

Als Objekt unserer Untersuchung der Funkentzündung haben wir das $(CH_4 + 2O_2)$-Gemisch gewählt, für welches die Verhältnisse der thermischen Entflammung eingehend genug untersucht sind (3). Die Oxydation des Methans gehört, wahrscheinlich, zu den Reaktionen mit langsam sich entwickelnden und verzweigenden Ketten, welche bei der Einführung von Ionen oder anderer sich bei der Entladung bildenden (4) aktiven Zentren eine starke Beschleunigung erfahren.

Die Zündfähigkeit des Funkens. Zunächst haben wir uns die Aufgabe gestellt, herauszufinden wodurch die Zündfähigkeit des Funkens bestimmt wird — durch die Elektrizitätsmenge cV oder durch die Energie $\frac{cV^2}{2}$. Die Versuche wurden unter einem Druck von 25.5 mm, 31.5 mm und 36.5 mm durchgeführt.

Als Beispiel wollen wir hier die Resultate der zweiten Versuchsreihe anführen, wo die Kapazität um 15 Mal, die Spannung um 3—8 Mal verändert wurde.

Wie aus der Tabelle 1 (S. 36) ersichtlich ist, wird die Zündfähigkeit des Funkens durch die Grösse $\frac{cV^2}{2}$ nicht aber durch cV bestimmt. Noch zwei andere Versuchsreihen haben uns zu demselben eindeutigen Resultat geführt.

Wir sind aber nicht geneigt, aus diesen Resultaten den Schluss zu ziehen, dass die Funkenzündung ein rein thermischer Prozess ist. Tatsächlich, kann jedes Ion bei seiner Bewegung zwischen den Elektroden durch Zusammenstösse eine Reihe aktiver Molekeln bilden. Darum ist es natürlich vorauszusetzen, dass die Zahl der gebildeten aktiven Molekeln dem Produkt: Ionenanzahl mal beschleunigendes Potential, das heisst der Grösse cV^2 proportional ist.

Einfluss des Druckes. Nimmt der Druck des Gasgemisches ab, so wächst die für die Zündung notwendige Energie. Diese Tatsache wurde von einer Reihe von Forschern beobachtet; insbesondere hat Kontorowa (5) bei der Untersuchung der Funkenzündung von Wasserstoff-Sauerstoff-Gemischen folgende empirische Formel vorgeschlagen:

$$\lg \frac{p}{\sqrt{cV^2}} = \frac{A}{\sqrt{cV^2}} + B. \qquad [1]$$

Die von uns für das $(CH_4 + 2O_2)$-Gemisch erhaltenen Angaben, welche teilweise in der Tabelle 2 (S. 36) angeführt sind, ordnen sich in genügender Weise dieser Formel ein.

Einfluss des Elektrodenabstandes. Diese Versuchsreihe wurde in einem gläsernen Gefäss bei Zimmertemperatur und konstantem $p = 26$ mm durchgeführt. Der Elektrodenabstand wurde von 0.4 bis 4.5 mm verändert. Die Versuchsergebnisse sind in Tabelle 3 (S. 37) zusammengestellt.

Wie aus der Tabelle ersichtlich, ist für die Zündung bei grossen Elektrodenabständen eine fast konstante Funkenenergie notwendig. Bei kleinen d wächst dagegen die Energie des zündenden Funkens rasch an. Die von uns erhaltenen Daten können durch folgende empirische Formel ausgedrückt werden:

$$\frac{cV^2}{2} = 0.10 + \frac{0.21}{d^2}. \qquad [2]$$

Der Einfluss der Temperatur wurde in Pirex- und Quarz-Gefässen untersucht. Die Versuche wurden bei konstanter Dichte des Gasgemisches durchgeführt, welche einem Druck von 10 cm bei 0°C entspricht. Wie aus Tabelle 4 (S. 37) ersichtlich, nimmt die Energie des zündenden Funkens bei einer Temperaturerhöhung von der Zimmertemperatur bis 417°C um 12 Mal ab.

Die Versuchsergebnisse können durch die empirische Formel

$$cV^2 \cdot e^{-\frac{\gamma}{T}} = \text{const}, \qquad [3]$$

wo $\gamma = 1200$ ist, ausgedrückt werden.

Diskussion der Ergebnisse. Die oben angeführten Tatsachen werden verständlich, wenn man voraussetzt, dass der Entflammungsmechanismus ein Kettenmechanismus ist, wobei die Rolle des Funkens in der Schaffung einer hohen, in erster Näherung der Grösse cV^2 proportionalen, Konzentration von aktiven Zentren n besteht.

N. Semenov ([6]) hat für die Zunahme der Konzentration aktiver Zentren, unter Berücksichtigung der Wechselwirkung und der Verzweigung der Ketten, folgende Gleichung abgeleitet:

$$\frac{dn}{dt} = n_0 - gn + fn^2 \qquad [4]$$

wo n_0 — die Zahl der spontanerweise während 1 sek. entstehenden aktiven Zentren, g und f — die Parameter des Kettenabbruchs bzw. der Kettenverzweigung bedeuten. Nimmt man an, dass in unserem Fall $n_0 = 0$ ist, und berücksichtigt mittels des Gliedes $D\frac{d^2n}{dx^2}$ die Diffusion der aktiven Zentren auf die Elektroden, wo sie zerstört werden, so erhält man folgende Gleichung:

$$\frac{\partial n}{\partial t} = D\frac{\partial^2 n}{\partial x^2} - gn + fn^2. \qquad [5]$$

Die Entflammungsbedingung $\frac{dn}{dt} = 0$ hat in diesem Falle die Gestalt

$$D\frac{d^2n}{dx^2} - gn + fn^2 = 0. \qquad [6]$$

an.

Wir können den Charakter der Funktion n auf folgende Weise bestimmen. Wollen wir den Elektrodenabstand durch $2a$ bezeichnen und die

dimensionslose Variable $y = \frac{x}{a}$ einführen. Dann nimmt die Gleichung [6] folgende Gestalt an:

$$\frac{d^2 n}{dy^2} - \frac{ga^2}{D} n + \frac{fa^2}{D} n^2 = 0. \qquad [7]$$

Setzt man $n = \frac{D}{fa^2} z$, so erhält man eine nur einen Parameter $\frac{ga^2}{D}$ enthaltende Gleichung:

$$\frac{d^2 z}{dy^2} + z^2 - \frac{ga^2}{D} z = 0. \qquad [8]$$

Da $z = F\left(\frac{ga^2}{D}\right)$ ist, so ist

$$n = \frac{D}{fa^2} F\left(\frac{ga^2}{D}\right) \qquad [9]$$

Zerlegt man $F\left(\frac{ga^2}{D}\right)$ in eine Taylor-McLaurin Reihe, und beschränkt sich auf die ersten zwei Glieder der Reihe, so erhält man

$$n = F'(0) \frac{g}{f} + F(0) \frac{D}{fa^2} \qquad [10]$$

Ist $\frac{ga^2}{D} \ll 1$, so ist man berechtigt, von den die höheren Potenzen von $\frac{ga^2}{D}$ enthaltenden Gliedern abzusehen; in unserem Falle ist diese Bedingung offenbar erfüllt.

Die von uns abgeleitete Beziehung [10] fällt mit der empirischen Formel [2] zusammen, wenn $n = kcV^2$ gesetzt wird.

Bei genügend grossem Elektrodenabstand kann man das zweite Glied unberücksichtigt lassen und wir erhalten folgende Entflammungsbedingung

$$cV^2 \sim \frac{g}{f}. \qquad [11]$$

Da $g = g_0 e^{-\frac{\gamma_1}{T}}$ und $f = f_0 e^{-\frac{\gamma_2}{T}}$ ist, so haben wir

$$cV^2 \sim e^{\frac{\gamma_2 - \gamma_1}{T}}. \qquad [12]$$

Wie leicht ersichtlich, fällt diese Formel mit dem von uns abgeleiteten Ausdruck [3] zusammen, nach welchem die Energie des zündenden Funkens mit der Temperatur abnimmt.

Zum Schluss halten wir es für unsere Pflicht O. Todess unsern Dank für seine freundliche Teilnahme und Hilfe bei der Diskussion der Ergebnisse auszudrücken.

Institut für chemische Physik.
Laboratorium für Oxydation von
Kohlenwasserstoffen. Leningrad.

Eingegangen
d. 29. VI. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITERATUR

[1] Petterson and Campbell. Proc. Phys. Soc., p. 177, 1919 — J. D. Morgan. Trans. Chem. Soc., 115, 94, 1919. [2] Finch and Cowen. Proc. Roy. Soc. (A), 111, 257, 1926. — W. M. Thornton. Proc. Roy. Soc. (A), 90, 272, 1914; 91, 17, 1914; 92, 9, 1915; 92, 381, 1915. — Finch and Coward. Proc. Roy. Soc. (A), 116, 529, 1927. [3] Neumann u. Egorov. Phys. ZS. d. Sovjetunion, 1, 700, 1932. [4] B. Lewis and C. D. Kreutz. Journ. Chem. Physics, 1, 89, 1933. [5] Т. Конторова. Ж. физ. химии, 3, 64, 1933. T. Kontorova. Journ. phys. Chem. (russ.), 3, 64, 1933. [6] N. Semenov. Chain Reactions. 1934. — Kokotschaschwili ZS. phys. Chem., Bd. 23, 431, 1933.

ХИМИЯ

А. К. КУДРЕВАТОВ

К АНАЛИЗУ ФТОРИДА КАЛЬЦИЯ

(*Представлено академиком Н. С. Курнаковым 29 VII 1934*)

Определение кальция в фтористом кальции достигается легче всего путем предварительного перевода его в раствор[1].

Фтористый кальций легко растворяется при нагревании в концентрированной соляной кислоте в присутствии многих хлоридов, например $ZnCl_2$, $CdCl_2$, $CuCl_2$, $NiCl_2$, $AlCl_3$ и т. д. При этом получаются комплексные соли различной прочности; некоторые из них распадаются уже при разбавлении водой, например, цинковая соль. Выделение из этих растворов кальция в виде оксалата для оксидиметрического определения затрудняется тем обстоятельством, что большинство катионов, попавших в раствор при растворении CaF_2, осаждается щавелевокислым аммонием совместно с кальцием из нейтрализованных растворов. Правда, при употреблении избытка аммиака во время нейтрализации многие катионы, затрудняющие анализ, остаются в растворе в виде комплексно-аммиачных ионов, но получаются большие ошибки вследствие сильного адсорбирующего действия комплексов, которые задерживают значительное количество ионов кальция в растворе. Ошибка достигает 40%, а для некоторых растворителей (Cu, Ni) даже 70%. Потери несколько уменьшаются, если не прибавлять избытка аммиака при осаждении и нагреть осадок перед фильтрованием в растворе аммиака (напр. для никеля). Однако, ошибки все же настолько значительны, что метод оказывается непригодным для анализа.

Удовлетворительные результаты получаются в том случае, если для растворения CaF_2 брать хлориды таких металлов, оксалаты которых растворимы в воде. По нашим опытам лучшими для этой цели оказались хлориды магния и лития.

Определение производилось следующим образом. Навеска около 2 г чистого фтористого кальция растворялась при температуре кипения в 5 $см^3$ дымящей соляной кислоты и 6 $см^3$ двухнормального раствора хлористого магния. После полного растворения к раствору добавлялся горячий раствор 0.3 г водной щавелевой кислоты в 50 $см^3$ воды. Кальций-ион осаждался из раствора при 80° путем нейтрализации раствора аммиаком в присутствии фенолфталеина. Через сутки осадок отфильтровывался и промывался водой до прекращения обесцвечивания нагретого подкисленного раствора перманганата промывными водами. Промытый осадок смывался струей воды из промывалки в стакан и растворялся при нагревании в разбавленной серной кислоте (20 $см^3$ $2NH_2SO_4$). Горячий раствор титровался децинормальным раствором перманганата. Ошибка получалась около 4—7%.

Приблизительно такие же результаты получаются и с хлористым литием.

Более точные результаты получаются при применении весового метода. Опыты производились примерно следующим образом. Около 0.2 г чистого фтористого кальция растворяется при нагревании в 5 $см^3$ дымящей соляной кислоты и 7 $см^3$ полунормального раствора хлористого кадмия. К горячему раствору прибавляют несколько кубических санти-

метров (6—10 см³) H_2SO_4 (1:5) и по осаждении около 20 см³ спирта. На другой день осадок отфильтровывают, промывают 70% спиртом и после высушивания умеренно прокаливают. Ошибка составляет ок. 2—5%.

Узбекистанский высший педагогический институт им. Молотова.
Химическая лаборатория. Фергана.

Поступило
25 VII 1934.

CHIMIE

SUR L'ANALYSE DU FLUORURE DE CALCIUM

Par A. KUDREVATOV

(*Présenté par N. Kurnakov, de l'Académie, le 29. VII. 1934*)

RÉSUMÉ

La fluorure de calcium CaF_2 se dissout facilement, étant chauffé dans l'acide muriatique concentré en présence de nombreux chlorites, par exemple, de $CdCl_2$, $ZnCl_2$, $NICl_2$ et d'autres. Dans ce cas-là il en résulte des sels complexes d'une stabilité diverse.

Il est difficile de dégager d'une pareille solution le calcium en forme d'oxalate pour le déterminer oxydimétriquement, puisque la plupart des cations, entrant dans la solution sont précipités, de même que le calcium, par l'oxalate d'ammonium de la solution neutralisée. Il est vrai, qu'en utilisant l'excès d'ammoniaque pour la neutralisation, de nombreux cations embarrassant l'analyse restent en solution à l'état de ions complexes, qui retiennent un nombre considérable de ions de calcium en solution.

Des résultats satisfaisants seront obtenus si l'on prend comme dissolvant pour CaF_2 les chlorites des métaux dont les oxalates se dissolvent facilement dans l'eau. Nos expériences ont montré que dans ce cas les meilleurs sont ceux de magnésium et de lithium.

Les résultats deviennent plus précis quand on emploie la méthode pondérale, c'est-à-dire, en précipitant le calcium en forme de sulfate par H_2SO_4 en présence d'alcool. En outre, cette méthode présente un choix plus grand de dissolvants.

Institut supérieur pédagogique de l'Uzbekistan.
Laboratoire de Chimie.
Ferghana.

Manuscrit reçu
le 25. VII. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITTÉRATURE CITÉE

[1] Н. А. Тананаев. Объемный анализ. 1932. — Idem. Журн. прикл. химии, т. 5, вып. 3—4, 1932.

ХИМИЯ

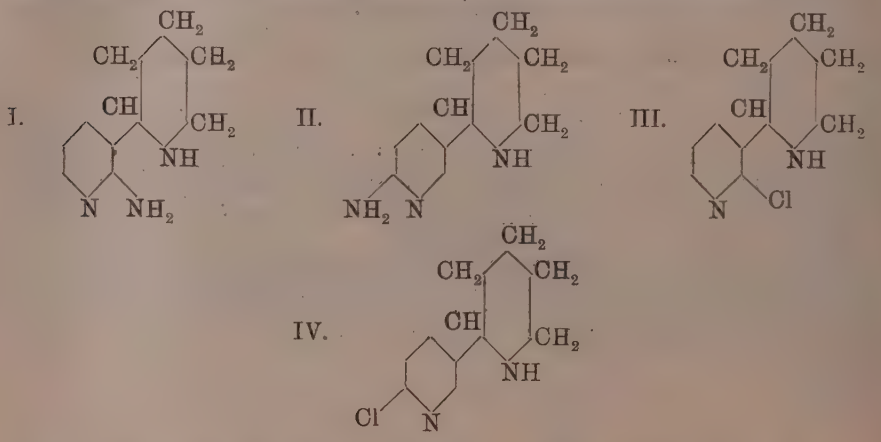
М. И. КАБАЧНИК и М. М. КАЦНЕЛЬСОН

АМИДИРОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ НАТРИЙ- И КАЛИЙ-АМИДА В РЯДУ АЛКАЛОИДОВ

II. ОБ α- И α'-АМИНОАНАБАЗИНАХ

(*Представлено академиком А. Е. Фаворским 23 VIII 1934*)

В первом сообщении об α-аминоанабазине (1) мы показали, что при действии натрий-амида на анабазин выделяется водород и образуется амино-анабазин. При этом из двух возможных аминоанабазинов I и II

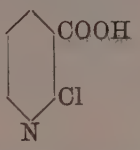


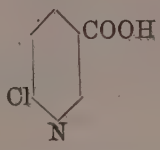
был выделен один, плавящийся при 109° и дающий пикрат с т. пл. 233—233°5. Выход аминоанабазина сильно колебался в зависимости от условий реакции, достигая в лучшем случае 30% теоретического.

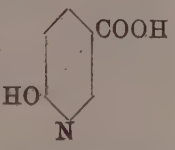
Почти одновременно с нашим сообщением появилась работа Г. Меньшикова, А. Григоровича и А. Орехова (2) об амидировании анабазина и N-метиланабазина, действием натрий-амида. Авторы проводили реакцию в более жестких условиях: температура 150°, растворитель—ксилол, в котором натровые соли аминов труднорастворимы; поэтому они получили весьма сильное осмоление и малый выход аминоанабазина (около 5%) с т. пл. 111°. Авторы считают, что выделенный ими аминоанабазин является α-аминоабазином (I), не приводя к тому никаких специальных доказательств. Несомненно, что наш аминоанабазин с т. пл. 109° и аминоанабазин Г. Меньшикова, А. Григоровича и А. Орехова с т. пл. 111°—тождественны. Мы повторили амидирование анабазина в различных условиях и получили аминоанабазин с выходом до 40% теоретического (температура реакции не выше 145°, растворитель—диметиланилин, продолжительность нагревания до 10 часов). Кроме того нами найдено, что при амидировании анабазина, кроме аминоанабазина с т. пл. 109°, образуется незначительное количество второго аминоанабазина с т. пл. 89.5—90°. Разделение изомеров достигается лучше всего фракционировочной кристаллизацией из толуола, а затем из воды.

Что касается до строения обоих изомеров, то нами совершенно точно установлено, что аминоанабазин с т. пл. 109°, ошибочно принятый Г. Меньшиковым, А. Григоровичем и А. Ореховым за α-аминоанабазин (I), является α′-аминоанабазином (II). Вещество же с. т. пл. 89.5—90° является α-аминоанабазином (I).

Для определения строения обоих изомеров мы воспользовались тем же методом, который применили А. Е. Чичибабин и А. В. Кирсанов [3] в отношении определения строения аминоникотинов. Именно, аминоанабазины были превращены действием азотистой кислоты в насыщенном HCl водном растворе в соответствующие хлоранабазины (III) и (IV), из которых окислением хамелеоном были получены хлорникотиновые кислоты (V) и (VI).







При этом хлоранабазин из аминоанабазина с т. пл. 109° дал хлорникотиновую кислоту (VI) с т. пл. 197—198°, а хлоранабазин из аминоанабазина с т. пл. 89.5—90° дал хлорникотиновую кислоту с т. пл. 192—193°. Ввиду близости точек плавления изомерных хлорникотиновых кислот, а также трудности определения температуры плавления (при недостаточно быстром нагревании в запаянном капилляре кислоты разлагаются ниже точки плавления), мы сочли необходимым синтезировать одну из двух хлорникотиновых кислот, а именно, α′-хлорникотиновую (VI) и сравнить ее с нашими кислотами.

Действием CO_2 в автоклаве под давлением при 200° на натровую соль α-пиридона мы получили по А. Е. Чичибабину и А. В. Кирсанову [4] α′-оксиникотиновую кислоту (VII) с т. пл. 303—304° (с разложением), а из нее по Пехманну [5] действием PCl_5 α′-хлорникотиновую кислоту (VI) с т. пл. 198°. Смешанная проба синтетической α′-хлорникотиновой кислоты с α′-хлорникотиновой кислотой, полученной из α′-аминоанабазинас т. пл. 109°, расплавилась при 196—198°, тогда как смешанная проба синтетической кислоты с кислотой из аминоанабазина с т. пл. 89.5—90° дала сильную депрессию температуры плавления, расплавившись при 160—170°.

Таким образом строение аминоанабазина с т. пл. 109° устанавливается как α′-аминоанабазина (II), а строение аминоанабазина с т. пл. 89.5—90° как α-аминоанабазина (I).

ЧАСТЬ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ *

α- и α′-аминоанабазины (I) и (II). Реакция амидирования проводилась в общем так, как это было описано в нашем первом сообщении. Наилучшие результаты дали следующие условия реакции: 1 моль анабазина, 2.4 моля натрий-амида и 6—6.5 молей диметиланилина нагревались 10 часов, причем температура масляной бани медленно повышалась от 135 до 145°. После переработки описанным уже способом получено 70 г аминоанабазинов, что составляет 39.5% теории. Этим способом было переработано всего 405 г анабазина.

Для разделения изомерных аминоанабазинов сырой аминоанабазин (фракция 170—190° при 12 мм) перекристаллизовывался из толуола. При

* При участии В. В. Резон.

этом α′-аминоанабазин выделяется в виде иголок с т. пл. 109°. Маточный раствор от перекристаллизаций 157 г сырого аминоанабазина был освобожден от толуола упариванием в вакууме, а остаток перегнан в вакууме при 15 мм. При этом получены фракции: I — до 176° (весьма незначительное количество), II — 176 — 189° (главная часть) и III — 189 — 203°. Фракция II при стоянии выделила два типа кристаллов — иголочки и ромбики. Она была обработана холодной водой, причем растворились только иголочки. Подобным же образом была обработана фракция III, причем получилось весьма незначительное количество нерастворимого в воде вещества. Оно было присоединено к основному количеству, полученному из фракции II, затем все перекристаллизовано из бензина. Получено 5.8 г кристаллов ромбической формы, плавящихся при 89.5—90°. Т. пл. не изменилась после повторной кристаллизации, а в смеси с α′-аминоанабазином показала сильную депрессию. α-аминоанабазин легко растворим в бензоле, толуоле, хлороформе, спирте и эфире, трудно — в холодной воде и бензине. Водные растворы его при нагревании мутятся.

Анализ. $C_{10}H_{15}N_3$: вычислено 23.73% N, найдено: I — 23.56% и II — 23.71%.

α′-хлоранабазин (IV). 9 г α′-аминоанабазина с т. пл. 109° растворялись в 10 см³ концентрированной соляной кислоты и раствор насыщался газообразным HCl. Затем при 30—35° мелкими порциями прибавлялся тонкоизмельченный сухой нитрит натрия в количестве 15 г. Прибавление всего количества потребовало 2.5 часа. Затем, не прекращая тока HCl, раствор был нагрет на водяной бане до 60°, а затем на кипящей. При этом наблюдалось обильное выделение газов. Охлажденная смесь была доведена до сильно щелочной реакции и извлечена эфиром; эфирный экстракт высушен над прокаленным поташем и эфир отогнан. Остаток тотчас же закристаллизовался. Кристаллы, перекристаллизованные из бензина, плавились при 99.5—100° и содержат хлор (проба Бейльштейна). Чистых кристаллов получено 5.7 г, что составляет 57.5% теории. Анализ. $C_{10}H_{13}N_2Cl$: вычислено N — 14.25%, найдено N — 14.16%.

α-хлоранабазин (III). 3.4 г α-аминоанабазина с т. пл. 89.5—90° растворялись в 5 см³ HCl ($d = 1.19$) и диазотировались в тех же условиях, как и α′-аминоанабазин при 5.5 г нитрита натрия. После отгонки эфира от раствора α-хлоранабазина осталось масло. Оно было перегнано в вакууме, причем все перегналось при 126° при 1 мм. Получено 1.8 г бесцветного масла (47.5% теории), при стоянии закристаллизовавшегося. Кристаллы, дважды перекристаллизованные из небольшого количества петролейного эфира, имели т. пл. 58.5—59.5°. Содержат хлор (проба Бейльштейна). Анализ. $C_{10}H_{13}N_2Cl$: вычислено N — 14.25%, найдено N — 14.15%.

Окисление α′-хлоранабазина. 1.96 г α′-хлоранабазина с т. пл. 99.5—100° растворены в 200 см³ воды и к раствору при хорошем перемешивании на холоду прибавлялся 2.5% раствор $KMnO_4$. Вначале хамелеон быстро обесцвечивался, затем для исчезновения малиновой окраски потребовалось нагревание на водяной бане. Когда установилось неисчезающее в течение трех часов нагревания окрашивание, раствор был обесцвечен спиртом и отфильтрован от осадка MnO_2. Двуокись марганца была дважды промыта на фильтре горячей водой и промывные воды добавлены к основному фильтрату. Затем фильтрат был нейтрализован на лакмус серной кислотой и упарен на водяной бане до 50 см³; полученный раствор профильтрован и подкислен серной кислотой. При этом выпала α′-хлорникотиновая кислота в виде легкого бесцветного осадка. Она была несколько раз перекристаллизована из горячей воды и толуола.

Высушенная на кипящей водяной бане в вакууме, она плавилась при 197—198° в запаянном капилляре при быстром нагревании. Смешанная проба ее с хлорникотиновой кислотой, полученной действием PCl_5 на α′-оксиникотиновую кислоту, расплавилась при 196—198°. Получено 0.65 г α′-хлорникотиновой кислоты, т. е. 41.3% теории.

Анализ. $C_6H_4O_2NCl$ — вычислено N—8.89%, найдено N—9.04%.

Окисление α-хлоранабазина. α-Хлоранабазин с т. пл. 58.5—59.5° в количестве 0.55 г окислялся марганцевокислым кали точно в тех же условиях, что и α′-хлоранабазин. Получено 0.4 г α-хлорникотиновой кислоты, что составляет 91% теоретического количества. При перекристаллизации из воды кислота выделяется в больших иглах (до 2 см). При быстром нагревании в запаянном капилляре плавится с разложением при 192—193°; смешанная проба ее с синтетической хлорникотиновой кислотой показала сильное понижение температуры плавления.

Лаборатория по исследованию и синтезу растительных и животных продуктов Академии Наук СССР. Москва.

Поступило 23 VIII 1934.

CHEMIE

AMIDIERUNG MITTELS NATRIUM- UND KALIUMAMID IN DER REIHE DER ALKALOIDE. II

II. ÜBER α-UND α'-AMINOANABASINE

Von M. KABATSCHNIK und M. KATZNELSON

(*Vorgelegt von A. Favorskij, Mitglied der Akademie, d. 23. VIII. 1934*)

In unserer ersten Mitteillung über α-Aminoanabasin (1) haben wir gezeigt, dass bei der Einwirkung von Natriumamid auf Anabasin Wasserstoff entwickelt und Aminanoanabasin gebildet wird. Dabei wurde von den beiden denkbaren Aminoanabasinen I und II (s. S. 44) eines gewonnen, das den Schmelzpunkt 109° hat und ein Pikrat mit dem Schmelzpunkt 233—233°5 gibt. Die gewonnene Menge des Aminoanabasins ist je nach den Reaktionsbedingungen sehr verschieden und erreicht bestenfalls 30% der theoretisch berechneten.

Fast gleichzeitig mit unserer Arbeit ist die jenige von G. Menschikow, A. Grigorowitsch und A. Orechov (2) über die Amidierung von Anabasin und N-Methylanabasin durch Einwirkung von Natriumamid erschienen. Sie führten die Reaktion unter schärferen Bedingungen durch: Temperatur 150°, Solvent — Xylol, in welchem die Natriumsalze der Amine schwer löslich sind; daher ergab sich eine sehr starke Verharzung und eine geringe Menge von Aminoanabasin (gegen 5%) mit dem Schmelzpunkt 111°. Sie nehmen an, dass das von ihnen gewonnene Aminoanabasin α-Aminoanabasin (I) darstellt, ohne irgendwelche besondere Beweise dafür anzuführen. Zweifellos sind unser Aminoananabasin mit dem Schmelzpunkt 109° mit dem Aminoanabasin von Menschikov, Grigorowitsch und Orechov und das Schmelzpunkt 111° identisch. Wir wiederholten das Amidieren des Anabasins unter verschiedenen Bedingungen und erhielten bis zu 40% der theoretischen Aminoanabasinmenge (Reaktionstemperatur nicht über 145°, Solvent — Dimethylanilin, Dauer der Erwärmung bis 10 Stunden). Ausserdem stellten wir fest, dass beim Amidieren des Anabasins ausser Aminoanabasin mit dem Schmelzpunkt 109° auch noch eine unbedeutende Menge eines zweiten Aminoanabasins mit einem Schmelzpunkt von 85.5—90° entsteht. Die Trennung der Isomeren wird am besten

durch fraktionierte Kristallisation aus Toluol und danach aus Wasser erreicht. Was den Bau beider Isomeren anbetrifft, so haben wir ganz exakt festgestellt, dass das Aminoanabasin mit dem Schmelzpunkt 109°, das von Menschikov, Grigorovitsch und Orechov irrtümlicherweise für α-Aminoanabasin (I) gehalten wird, tatsächlich α′-Aminoanabasin (II) darstellt. Das Produkt mit dem Schmelzpunkt 89.5—90° ist dagegen α-Aminoanabasin (I).

Zur Bestimmung der Struktur beider Isomeren benutzten wir dieselbe Methode, die von A. E. Tschitschibabin und A. V. Kirsanoff ([3]) zur Bestimmung der Struktur von Aminonikotinen benutzt worden ist, und zwar wurde Aminoanabasin durch Einwirkung von salpetriger Säure in gesättigter wässeriger HCl-Lösung in die entsprechenden Chloranabasine (III) und (VI) umgewandelt, aus denen durch Oxydation mit Kaliumpermanganat die Chlornikotinsäuren (V) und (VI) erhalten wurden (s. S. 45).

Dabei ergab Chloranabasin aus Aminoanabasin mit dem Schmelzpunkt 109° — Chlornikotinsäure VI mit dem Schmelzpunkt 197—198°, und Chloranabasin aus Aminoanabasin mit dem Schmelzpunkt 89.5—90° ergab Chlornikotinsäure mit dem Schmelzpunkt 192—193°. Wegen der gegenseitigen Nähe der Schmelzpunkte der isomeren Chlornikotinsäuren, sowie wegen der schwierigen Bestimmung der Schmelztemperaturen (bei nicht genügend rascher Erwärmung in zugeschmolzenem Kapillarrohr zerfallen die Säuren unter ihrer Schmelztemperatur) hielten wir es für notwendig, eine von den zwei Chlornikotinsäuren, nämlich die α′-Chlornikotinsäure (VI), zu synthesieren und sie mit unseren Säuren zu vergleichen. Durch Einwirkung von CO_2 auf Natriumsalz des α-Pyridons im Autoklaven unter Druck bei 200° erhielten wir nach A. E. Tschitschibabin und A. V. Kirsanov ([4]) α′-Oxynikotinsäure (VII) mit dem Schmelzpunkt 303—304° (unter Zersetzung), und daraus nach Pechmann ([5]), durch Einwirkung von PCl_5, α′-Chlornikotinsäure (VII) mit dem Schmelzpunkt 198°. Eine gemischte Probe synthetischer α′-Chlornikotinsäure mit α′-Chlornikotinsäure, die aus α′-Aminoanabasin mit dem Schmelzpunkt 109° gewonnen war, schmolz bei 196—198°, während eine gemischte Probe synthetischer Säure mit Säure aus Aminoanabasin vom Schmelzpunkt 89.5—90° eine starke Depression der Schmelztemperatur ergab, indem sie bei 169—170° schmolz. Die Struktur des Aminoanabasins mit der Schmelztemperatur 109° entspricht also α′-Aminoanabasin (II), und Aminoanabasin mit dem Schmelzpunkt 89.5—90° entspricht α′-Aminoanabasin (I).

EXPERIMENTELLER TEIL*

α- und α′-Aminoanabasin (I) und (II). Die Amidierungsreaktion wurde im allgemeinen so durchgeführt, wie in unserer ersten Mitteilung beschrieben worden ist. Die besten Resultate wurden unter folgenden Reaktionsbedingungen erzielt: 1 Mol Anabasin, 2.4 Mol Natriumamid und 6—6.5 Mol Dimethylanilin wurden 10 Stunden lang erwärmt, wobei die Temperatur des Ölbades langsam von 135 bis 145° erhöht wurde. Nach Behandlung auf bereits beschriebene Weise wurden 70 Gramm Aminoanabasine gewonnen, was 39.5% der theoretischen Menge ausmacht. Auf diese Weise wurden im Ganzen 405 Gramm Anabasin verarbeitet. Zur Trennung der isomeren Aminoanabasine wurde rohes Aminoanabasin (Fraktion 170—190° bei 12 mm) aus Toluol umkristallisiert. Dabei wird α′-Aminoanabasin in Form von Nadeln vom Schmelzpunkt 109° ausgeschieden. Die Mutterlauge nach der Umkristallisierung von 157 g rohen Aminoanabasin wurde durch Verdunstung im

* Unter Mitwirkung von V. Reson.

Vakuum vom Toluol befreit, und der Rest im Vakuum bei 15 mm destilliert. Dabei wurden folgende Fraktionen gewonnen: I. bis 176° — (in sehr unbedeutender Menge), II. 176°—189° (der Hauptteil) und III. 189—203°. Die Fraktion II schied beim Stehen zwei Typen von Kristallen aus: Nadeln und Rhomben. Sie wurde mit kaltem Wasser behandelt, wobei sich nur die Nadelkristalle lösten. Auf dieselbe Weise wurde die Fraktion III behandelt, wobei ein sehr kleiner Teil im Wasser ungelost blieb. Dieser wurde der aus der Fraktion II erhaltenen Hauptmenge hinzugefügt und dann alles zusammen aus Benzin umkristallisiert. Es wurden 5.8 g Kristalle von rhombischer Form gewonnen, die bei 85 5—90° schmolzen. Der Schmelzpunkt veränderte sich nach wiederholter Kristallisation nicht, zeigte aber in der Mischung mit α′-Aminoanabasin eine starke Depression. α-Aminoanabasin ist leicht löslich in Benzol, Toluol, Chloroform, Alkohol und Äther, schwerer in kaltem Wasser und in Benzin. Wässerige Lösungen werden bei Erwärmung trübe.

Analyse. $C_{10}H_{15}N_3$: berechnet 23.73% N, gefunden I—23.56 und II—23.71%.

α′-Chloranabasin (IV). 9 g α′-Aminoanabasin mit dem Schmelzpunkt 109° wurden in 10 cm³ konzentrierter Salzsäure gelöst und die Lösung mit gasförmigem HCl gesättigt. Danach wurde bei 30—35° 15 g fein gepulwertes trockenes Natriumnitrit: in kleinen Portionen zugesetzt. Das Hinzufügen der ganzen Menge dauerte $2^1/_2$ Stunden. Danach wurde, ohne den HCl-Strom zu unterbrechen, die Lösung im Wasserbade bis 60° und darauf im kochenden Wasserbade erwärmt. Dabei wurde reichliche Gasentwickelung beobachtet. Das abgekühlte Gemisch wurde bis zu stark alkalischer Reaktion gebracht, mit Äther Extrahiert. Äther-Extrakt wurde über geglühter Pottasche getrocknet und der Äther durch Destillation entfernt. Der Rest bildete sofort Kristalle. Die aus Benzin umkristallisierten Kristalle schmelzen bei 99.5—100° und enthalten Chlor (Beilsteinsche Probe). Es wurden 5.7 g reine Kristalle gewonnen, was 57.5% der theoretischen Menge ausmacht. Analyse. $C_{10}H_{13}N_2Cl$: berechnet: N — 14.25%, gefunden N—14.16%.

α-Chloranabasin (III). 3.4 g α-Aminoanabasin mit dem Sshmelzpunkt 89.5—90° wurden in 5 cm³ HCl ($d = 1.19$) gelöst und genau unter denselben Bedingungen diazotiert, wie α′-Aminoanabasin unter Anwendung von 5.5 g Natriumnitrit. Nach der Abdestillation des Äthers aus der α-Chloranabasinlösung blieb ein Öl zurück. Dieses wurde im Vakuum destilliert, wobei alles bei 126° bei 1 mm ins Destillat überging. Das erhaltene farblose Öl (1.8 g = 47.5% der theoretischen Menge) wurde beim Stehen kristallinisch. Die Kristalle wurden zweimal aus einer geringen Menge Petroleumäther umkristallisiert und hatten ihren Schmelzpunkt bei 58.5—59.5°, und enthalten Chlor (Beilsteinsche Probe). Analyse. $C_{10}H_{13}N_2Cl$: berechnet N—14.25%, gefunden N—14.15%.

Oxydation des α′-Chloranabasins. 1.96 g α′-Chloranabasin mit dem Schmelzpunkt 99.5 —100° wurden in 200 cm² Wasser gelöst, und zur kalten Lösung unter stetigem Durchmischen eine 2.5%-ige $KMnO_4$-Lösung zugefügt.

Anfangs entfärbte sich diese schnell, später war eine Erwärmung im Wasserbade nötig, damit die rosa Farbe verschwand. Nachdem eine im Laufe von 3 Stunden langer Erwärmung nicht verschwindende Färbung eingetreten war, wurde die Lösung mittels Alkohol entfärbt und von dem MnO_2-Niederschlag abfiltriert. Das Mangandioxyd wurde zweimal auf dem Filter mit heissem Wasser bespült und das Spülwasser zu dem Hauptfil-

trat hinzugefügt. Danach wurde das Filtrat mit Schwefelsäure neutralisiert und im Wasserbade bis auf 50 cm^3 verdampft; die erhaltene Lösung wurde filtriert undmit Schwefelsäure angesäuert. Dabei fiel die α′-Chlornikotinsäure als leichter, farbloser Niederschlag aus. Sie wurde mehrmals aus heissem Wasser und aus Toluol umkristallisiert. Auf dem kochenden Wasserbade im im Vakuum getrocknet, schmolz sie bei 197—198° im zugeschmolzenen Kapillarrörchen bei rascher Erwärmung. Eine Mischprobe dieser Säure mit Chlornikotinsäure die durch Einwirkung von PCl_5 auf α′-Oxynikotinsäure erhalten wurde, schmolz bei 196—198°. Ausbeute: 0.65 g α′-Chlornikotinsäure,—41.3% der theoretischen Menge. Analyse. $C_6H_4O_2NCl$: berechnet N—8.89%, gefunden N 9.04%.

Oxydation des α-Chloranabasins. 0.55 g α-Chloranabasin mit dem Schmelzpunkt 58.5—59.5° wurden, genau ebenso wie α′-Chloranabasin, mit Kaliumpermanganat oxydiert. Ausbeute: 0.4 g α-Chlornikotinsäure — 91% der theoretischen Menge. Bei Umkristallisierung aus Wasser wird die Säure in grossen (bis 2 cm langer) Nadeln ausgeschieden. Bei schneller Erwärmung in zugeschmolzenem Kapillarröhrchen schmilzt sie unter Zersetzung bei 192—193°; eine Mischprobe mit synthetischer Chlornikotinsäure zeigte eine starke Depression.

Laboratorium für Erforschung und Synthese pflanzlicher und tierischer Stoffe. Moskau.

Eingegangen d. 23. VIII. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITERATUR

[1] М. М. Кацнельсон и М. И. Кабачник. ДАН, 1934, т. I, № 7, стр. 406. M. Katznelson und M. Kabatschnik. C. R. Acad. Sci. URSS, 1934, v. I, № 7, p. 409. [2] G. Menschikoff, A. Grigorowitsch u. A. Orechoff. Ber., **67**, 289 (1934). [3] Tschitschibabin u. Kirsanoff. Ber., **57**, 1163 (1924). [4] А. Е. Чичибабин и А. В. Кирсанов. Ж., **56**, 174 (1925). A. Tschitschibabin u. Kirsanoff. Journ. phys-chem. Ges., **56**, 174 (1925). [5] Pechmann. Ber., **17**, 239 (1884).

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Ф. БЕРЕЗОВСКАЯ, М. КОГОН и Э. МОСКАЛЕНСКАЯ

КОМБИНИРОВАННОЕ ДЕЙСТВИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ И ПЛАТИНЫ НА ПРЕВРАЩЕНИЕ ФУМАРОВОЙ И МАЛЕИНОВОЙ КИСЛОТ И ИХ СОЛЕЙ

(*Представлено академиком Л. В. Писаржевским, 19 VI 1934*)

Фотохимическое превращение геометрических изомеров друг в друге изучено давно. Цель настоящей работы — изучение комбинированного действия излучения и платины на это превращение изомеров и солей их.

Опыты производились следующим образом. Раствор исследуемого изомера помещался в сосуд **c** (см. фигуру) в часть **b**. Сосуд затем запаивался в месте **d**. Освещению подвергалась пара сосудов, — один из них с платиновой пластинкой, впаянной в **b**, другой без пластинки. Через определенный промежуток времени наклонением прибора раствор переливался из **b** в **a** и измерялась электропроводность.

По методу Кайлана [1] по молекулярной электропроводности смеси кислот μ можно рассчитать процентное содержание в смеси каждого изомера, установив предварительно эмпирическую зависимость.

Для смеси фумаровой и малеиновой кислот Кайлан установил зависимость:

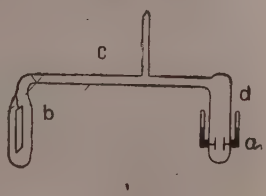
$$\mu = 72.54 + 1.314\ M^0/_0,$$

где μ — молекулярная электропроводность раствора смеси этих кислот, а $M^0/_0$ — количество малеиновой кислоты.

При изучении комбинированного действия платины и излучения на сами кислоты мы столкнулись с совершенно неожиданным фактом.

При комбинированном действии платины и излучения электропроводность фумаровой кислоты падает, в то время, как при превращении в малеиновую она должна бы расти.

Так через 236 часов освещения электропроводность упала с 72.93 до 27.26 в сосуде с платиной. В то же время в сосуде без пластинки она возросла до 88.48, что соответствует 11.8% малеиновой кислоты, появившейся в растворе.



При освещении малеиновой кислоты в течении 151 ч. в сосуде с платиной электропроводность падает с 202.85 до 30.5, а в сосуде без пластинки до 182.9, что дает в последнем случае появление 16.3% фумаровой кислоты. Титрование $Ba(OH)_2$ показало падение кислотности в сосуде с пластинкой.

Таким образом нами установлен факт разложения кислот малеиновой и фумаровой под влиянием комбинированного действия платины и освещения. Это явление достаточно изучено в случае насыщенных кислот, где разложение под влиянием ультрафиолетового света идет с выделением CO_2 и образованием одноосновных кислот при многоосновных, и с образованием углеводородов при одноосновных.

Кайланом был установлен факт подобного разложения малеиновой и фумаровой кислот под действием излучения радия.

Приступая к изучению солей этих кислот, мы выбрали соли бария. Была установлена экспериментально таблица электропроводности смеси солей в зависимости от концентрации.

Электропроводности солей кислот обратны самим кислотам, электропроводность бариевой соли малеиновой кислоты $\mu = 88.5$, фумаровой — $\mu = 118.36$.

При освещении Ba-соли фумаровой кислоты в сосуде с платиной после 35 ч. освещения электропроводность пала до 7.86. Сухой остаток после выпаривания 5 $см^3$ раствора вместо первоначального 0.02015 уменьшился до 0.00345.

Второй опыт дал за 52 ч. 40 мин. освещения падение электропроводности до 20.27, а сухой остаток — 0.0014.

При освещении бариевой соли малеиновой кислоты в сосуде с пластинкой за 275 ч. незначительное изменение электропроводности с 88.68 начальной до 88.88, в сосуде же без платины несколько большее изменение — за то же время с 88.50 до 91.23.

Второй опыт дал подобные же результаты: в сосуде с пластинкой за 113 ч. электропроводность упала с 88.9 до 72.06, а в сосуде без пластинки увеличилась с 88.1 до 89.62.

Данные анализа дают незначительное уменьшение сухого остатка, что приводит нас к заключению об отсутствии практического разложения.

Суммируя опыты с бариевыми солями этих кислот, прежде всего нужно обратить внимание на то, что в случае бариевой соли фумаровой

Изменения малеиновой и фумаровой кислот и их бариевых солей под влиянием комбинированного действия платины и ультрафиолетового излучения. Характер облучения: кварцево-ртутная лампа

Zusammenfassende Tabelle der Veränderung der Fumar- und Maleinsäure und deren Ba-Salzen unter dem Einfluss der kombinierten Wirkung von Platin und ultraviolettem Licht. Character der Bestrahlung: Quarz-Hg Lampe

Название вещества Name des Stoffes	Часы облучения Dauer der Bestrahlung in Stunden	μ исходного раствора μ der Ausgangslösung	μ раствора после облучения μ der Lösung nach der Bestrahlung		Количество $Ba(OH)_2$ в cm^3 Anzahl cm^3 $Ba(OH)_2$		Количество сухого остатка Trockenrückstand		% разложения Proz. der Zerlegung	
			С пласт. Mit Pt-Platte	Без пласт. Ohne Pt-Platte	С пласт. Mit Pt-Platte	Без пласт. Ohne Pt-Platte	С пласт. Mit Pt-Platte	Без пласт. Ohne Pt-Platte	С пласт. Mit Pt-Platte	Без пласт. Ohne Pt-Platte
1. Малеиновая кислота . . . Maleinsäure	151	202.84	30.5	182.9	0.65	1.65				
2. Фумаровая кислота . . . . Fumarsäure	236^{45}	72.83	27.46	88.48	0.75	1.20	0.0163	0 01665		
3. Фумаровая кислота . . . Fumarsäure	212^{15}	73.67	57.43	97.65	1.2	2.4	0.0098	0.020	52	1.96
4. Ba-соль малеиновой кислоты Ba-Salz der Maleinsäure . .	275	88.59	88.88	91.23	—	—	0.0199	0.0201	1.48	0.74
5. Ba-соль малеиновой кислоты Ba-Salz der Maleinsäure . .	113	88.5	72.06	89.62	—	—	0.0197	0.01965	2.39	2.39
6. Ba-соль фумаровой кислоты Ba-Salz der Fumarsäure . .	35	118.0	7.86	94.67	—	—	0.00345	0.017	82.8	15.6
7. Ba-соль фумаровой кислоты Ba-Salz der Fumarsäure . .	52^{40}	118.67	20.27	108.87	—	—	0 0014	0.0139	93.1	31.02

кислоты наблюдается совсем иная картина, чем в случае бариевой соли малеиновой кислоты.

В случае бариевой соли фумаровой кислоты мы наблюдаем то же явление для соли, что и для кислоты: резкое падение электропроводности и уменьшение сухого остатка.

Надо обратить внимание на то, что в сосуде без пластинки наблюдается явление значительного уменьшения электропроводности и сухого остатка в случае Ba-соли фумаровой кислоты, что является ея особенностью, как по сравнению с той же солью малеиновой кислоты, так и с самой фумаровой кислотой.

Если в случае бариевой соли малеиновой кислоты наблюдается изменение сухого остатка в сосуде без пластинки на 2. 39% (опыт 5), а в случае фумаровой кислоты на 1.96% (опыт 3), то в случае бариевой соли фумаровой кислоты в сосуде без пластинки наблюдается уменьшение сухого остатка на 31.02% (опыт 7) и на 15.63% (опыт 6), что уже ни в коем случае нельзя считать ошибкой опыта.

Итак, под действием одного ультрафиолетового света происходит превращение друг в друга фумаровой и малеиновой кислот.

Когда же кванты этого излучения бомбардируют помещенную в раствор платину и адсорбированные ею ионы этих кислот, то вместо превращения изомерных молекул друг в друга получается их разрушение.

Это явление следует, очевидно, приписать специфическому влиянию адсорбции и специфическому действию выходящих (при бомбардировке квантами излучения) на поверхность платины ее электронов.

Попытка объяснения наблюденных нами фактов дана в подробной статье, которая вскоре появится в печати.

Для более глубокого изучения наблюденных нами явлений намечено: 1) изучение кислых и средних солей одновалентных металлов данных изомеров; 2) изучение кислот и солей других пар изомеров; 3) изучение комбинированного действия излучения и платины на насыщенные кислоты. В связи с последним нужно указать, что фотохимическое разложение насыщенных кислот уже изучено [2]. Наблюдаемое нами явление разложения ненасыщенных кислот при комбинированном действии излучения и платины аналогично действию лучей Ra на ненасыщенные кислоты и ультрафиолетовых лучей на насыщенные.

Поэтому нужно осветить вопрос о комбинированном действии платины и излучения на насыщенные кислоты.

Приносим благодарность академику Л. В. Писаржевскому за руководство работой и постоянный интерес к ней.

Украинский институт физической химии.
Днепропетровск.

Поступило
19 VI 1934.

PHYSIKALISCHE CHEMIE

KOMBINIERTE WIRKUNG VON ULTRAVIOLETTEM LICHT UND PLATIN AUF DIE UMWANDLUNG VON FUMAR- UND MALEINSÄURE UND DEREN SALZEN

Von F. BEREZOVSKAJA, M. KOHON und E. MOSKALENSKAJA

(*Vorgelegt von L. Pisarževskij, Mitglied der Akademie, d. 19. VI. 1934*)

Die photochemische Umwandlung geometrischer Isomere ineinander wird schon seit längerer Zeit erforscht.

Das Ziel vorliegender Arbeit war die Untersuchung der kombinierten Wirkung von Bestrahlung und Pt auf diese Umwandlung der Isomeren und ihrer Salze.

Die Versuche wurden folgendermassen durchgeführt. Die zu untersuchende Lösung des einen Isomers wurde in das Gefäss **c** (S. 51), in den Teil **b**, gebracht und das Gefäss dann bei **d** zugelötet. Bestrahlt wurden jeweilig zwei Gefässe, eines mit einer in **b** eingeschmolzenen Pt-Platte, das andere ohne eine solche. Nach einer bestimmten Zeit wurde die Lösung durch Neigen des Gefässes aus **b** nach **a** gebracht und dort die Leitfähigkeit gemessen.

Nach der Methode von Kailan (1) kann aus der molekularen Leitfähigkeit einer Mischung von Säuren (μ) der Prozentanteil jedes einzelnen der Isomere in der Mischung berechnet werden, wenn vorher die empirische Abhängigkeit bestimmt wurde.

Für eine Mischung von Fumar- und Maleinsäure bestimmte Kailan diese Abhängigkeit als:

$$\mu = 72.54 + 1.314\ M^0/_0,$$

wo μ die molekulare Leitfähigkeit der Lösung des Gemisches dieser Säuren und $M^0/_0$ die Menge der Maleinsäure bedeutet.

Bei der Erforschung der kombinierten Wirkung von Pt und Bestrahlung auf die Säuren selbst stiessen wir auf eine gänzlich unerwartete Tatsache: bei der kombinierten Wirkung von Pt und Bestrahlung sinkt die Leitfähigkeit der Fumarsäure, während sie beim Übergang in Maleinsäure anwachsen müsste.

So war die Leitfähigkeit nach 236-stündiger Bestrahlung im Gefäss mit Pt von 72.93 bis 27.26 gefallen. In derselben Zeit stieg die Leitfähigkeit im Gefäss ohne Pt bis 88.48, was einer Menge von 11.8% in der Lösung entstandener Maleinsäure entspricht.

Bei 151-stündiger Bestrahlung von Maleinsäure fällt im Gefäss mit Pt die Leitfähigkeit von 202.85 bis 30.5, im Gefäss ohne Pt bis 182.9, was im letzteren Falle das Auftreten von 16.3% Fumarsäure hervorruft.

Die Titration mit $Ba(OH)_2$ zeigte ein Sinken des Säuregehaltes im Gefäss mit Pt-Platte.

Damit ist von uns die Tatsache einer Zerlegung von Malein- und Fumarsäure unter dem Einfluss der kombinierten Wirkung von Pt und Bestrahlung nachgewiesen.

Diese Erscheinung ist an gesättigten Säuren genügend erforscht, wo die Zerlegung unter dem Einfluss von ultraviolettem Licht unter gleichzeitiger Entwicklung von CO_2 und Bildung einbasischer Säuren aus mehrbasischen und von Kohlenwasserstoffen aus einbasischen Säuren verläuft.

Kailan konnte eine solche Zerlegung von Malein- und Fumarsäure unter der Wirkung von Radiumstrahlen beobachten.

An die Erforschung der Salze dieser Säuren schreitend, wählten wir dafür die Ba-Salze. Auf experimentellem Wege wurde eine Tabelle der Leitfähigkeiten von Mischungen dieser Salze in Abhängigkeit von der Konzentration aufgestellt.

Die Leitfähigkeiten der Salze stehen zu denen der Säuren selbst im umgekehrten Verhältnis. Die Leitfähigkeit des Ba-Salzes der Maleinsäure $\mu = 88.5$, — der Fumarsäure $\mu = 118.36$.

Bei Bestrahlung des Ba-Salzes der Fumarsäure sank im Gefäss mit Pt die Leitfähigkeit nach 35 Stunden bis 7.86. Der trockene Rückstand nach dem Verdampfen von 5 cm^3 Lösung sank von anfänglich 0.02015 bis 0.00345.

Ein zweiter Versuch ergab nach 52 Stunden 40 Minuten Bestrahlung ein Fallen der Leitfähigkeit bis auf 20.27 und einen Trockenrückstand von 0.0014.

Bei Bestrahlung des Ba-Salzes der Maleinsäure im Gefäss mit Pt konnte nach 275 Stunden nur eine geringe Veränderung der Leitfähigkeit von anfänglich 88.68 bis 88.88 festgestellt werden, im Gefäss ohne Pt — eine etwas grössere Änderung: in derselben Zeit von 88.50 bis 91.23.

Ein zweiter Versuch erzielte ähnliche Ergebnisse: im Gefäss mit der Pt-Platte sank die Leitfähigkeit nach 113 Stunden Bestrahlung von 88.9 bis 72.06, im Gefäss ohne Platte stieg sie von 88.1 bis 89.62.

Die Befunde der Analyse ergeben eine geringfügige Abnahme des Trockenrückstandes, woraus wir auf das Fehlen einer praktischen Zerlegung schliessen.

Summiert man die Versuche mit den Ba-Salzen dieser Säuren, so muss vor allem darauf geachtet werden, dass für den Fall des Ba-Salzes der Fumarsäure ein ganz anderes Bild beobachtet wird, als für das Ba-Salz der Maleinsäure. Beim Ba-Salz der Fumarsäure beobachten wir dieselbe Erscheinung, wie bei der Säure selbst: ein scharfes Fallen der Leitfähigkeit und eine Verringerung des Trockenrückstandes.

Zu beachten ist, dass im Gefäss ohne Pt-Platte eine wesentliche Verringerung der Leitfähigkeit und des Trockenrückstandes zu beobachten ist und zwar im Falle des Bariumsalzes der Fumarsäure, was dieses Salz sowohl dem Ba-Salz der Maleinsäure, als auch der Fumarsäure selbst gegenüber auszeichnet.

Wenn für das Ba-Salz der Maleinsäure im Gefäss ohne Pt-Platte eine Veränderung des Trockenrückstandes um 2 39% (Versuch 5), für den Fall der Fumarsäure eine solche um 1.96% (Versuch 3), zu beobachten ist, so beträgt diese Verringerung des Trockenrückstandes für das Ba-Salz der Fumarsäure im Gefäss ohne Pt-Platte 31.02% (Versuch 7) und 15.63% (Versuch 6), was auf keinen Fall als Versuchsfehler angesprochen werden kann.

Bei der Einwirkung von ultraviolettem Licht allein tritt also eine gegenseitige Umwandlung von Malein- und Fumarsäure ein.

Wenn dagegen die Quanten dieser Strahlung die in die Lösung gebrachte Pt-Platte und die durch diese adsorbierten Ionen dieser Säuren bombardieren, so beobachten wir statt einer Umwandlung der Isomeren Moleküle ineinander ihre Zerstörung.

Diese Erscheinung muss augenscheinlich einem spezifischen Einfluss der Adsorption und einer spezifischen Wirkung der (beim Bombardement mit den Quanten des ultravioletten Lichtes) an die Oberfläche der Platte heraustretenden Elektronen des Pt zugeschrieben werden.

Ein Versuch zur Erklärung unserer Beobachtungen wird in einem ausführlichen Artikel gegeben, der bald im Druck erscheint.

Zur gründlicheren Erforschung der beobachteten Erscheinungen ist vorgesehen:

1) Das Studium der Säuren und neutralen Salze einwertiger Metalle der gegebenen Isomeren.

2) Das Studium der Säuren und Salze anderer Isomerenpaare.

3) Untersuchung der kombinierten Wirkung von ultraviolettem Licht und Pt auf gesättigte Säuren. Im Zusammenhang damit muss darauf hingewiesen werden, dass die photochemische Zerlegung gesättigter Säuren schon studiert wurde (²). Die von uns beobachtete Zerlegung ungesättigter Säuren unter der kombinierten Wirkung von ultraviolettem Licht und Pla-

tin ist analog der Wirkung von Radiumstrahlen auf ungesättigte Säuren und von ultraviolettem Licht auf gesättigte.

Deshalb muss auch die Frage der kombinierten Wirkung von Pt und ultraviolettem Licht auf gesättigte Säuren geklärt werden.

Wir danken Prof. L. Pisarževskij, Mitglied der Akademie, für seine Anleitung und das der Arbeit jederzeit entgegengebrachte Interesse.

Ukrainisches Institut für physikalische Chemie.
Dnjepropetrowsk.

Eingegangen
d. 19. VI. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITERATUR

[1] Anton Kailan. ZS. f. physik. Chem., 87, 1914. [2] L. Farkas u. O. H. Wansbrough. ZS. f. Elektroch. u. angew. physik. Chem., Bd. 38, № 2, 1932.

БИОФИЗИКА

Академик П. П. ЛАЗАРЕВ, А. ГАМБУРЦЕВА, С. АБРИКОСОВ и Б. ШАПОШНИКОВ

О ВЛИЯНИИ ОСВЕЩЕНИЯ КОЖИ ЧЕЛОВЕКА НА АДАПТАЦИЮ ПРИ ПЕРИФЕРИЧЕСКОМ ЗРЕНИИ

Настоящая работа имеет целью исследование влияния освещения солнцем поверхности тела человека на ход зрительной адаптации при периферическом зрении.

Работа была выполнена в Госкурорте „Евпатория“, причем наряду с изучением адаптации при помощи адаптометра Лазарева до и после освещения тела солнцем определялось количество калорий Q на см^2 кожи за время опыта. Q находилось по данным Актинометрической станции.

Наблюдения, выполненные тремя из нас (Гамбурцевой, Абрикосовым и Шапошниковым), дали совпадающие результаты, которые и приведены ниже.

I. Результаты

1. Пусть E_0 есть максимальная чувствительность глаза (чувствительность центров) до освещения тела солнцем, E_1 есть максимальная чувствительность глаза после освещения тела солнцем, причем 1 см^2 тела получал при этом Q калорий, тогда при всяком Q

$$E_0 > E_1.$$

Освещение кожи тотчас же после сеанса инсоляции вызывает понижение предельной максимальной чувствительности глаза.

2. Величина $\frac{E_0 - E_1}{E_0}$ растет с увеличением Q до величины E_0, соответствующей $Q = 60$ калориям на см^2, после чего наблюдается падение $\frac{E_0 - E_1}{E_0}$.

Указанный закон можно иллюстрировать данными Абрикосова, приводимыми в табл. 1.

Таблица 1

Q	12	18	24	33	39	60	75	90
$\frac{E_0 - E_1}{E_0}$	0.093	0.127	0.267	0.375	0.365	4.07	3.65	3.50

Мы можем представить ход кривой в виде эмпирической формулы если допустить, что $E_1 = E_0 f(Q)$.

Разлагая $f(Q)$ в ряд Маклорена, имеем

$$E_1 = E_0 (1 - \beta Q + \gamma Q^2 + \delta Q^3 \ldots);$$

β, γ, δ ... постоянные

При малом Q, находим:

$$E_1 = E_0 (1 - \beta Q).$$

Отсюда получаем:

$$\frac{E_0 - E_1}{E_0} = \beta Q = E_p.$$

Из табл. 1 находим:

Таблица 2

Q	0	12	18	24	33	39
$\frac{E_0 - E_1}{E_0}$ (наб.)	0	0.093	0.127	0.267	0.375	0.365
$\frac{E_0 - E_1}{E_0}$ (выч.)	0	0.096	0.114	0.192	0.264	0.312

До $Q = 20$ калорий мы имеем приблизительно линейный ход связи E_p и Q. Точного совпадения из-за флюктуаций не может быть.

3. Величина $\frac{E_0 - E_1}{E_0}$, соответствующая $Q = 60$ калорий на см^2, изменяется от человека к человеку, как это видно из табл. 3.

Таблица 3

Наблюдатель	$\frac{E_0 - E_1}{E_0}$
Шапошников	0.26
Абрикосов	0.47

Одно и то же количество калорий на см^2 вызывает разный эффект у разных людей.

4. Чувствительность E_0, наблюдаемая ежедневно, показывает после инсоляции большие колебания, причем у одного из наблюдателей (Абрикосов) среднее значение E_0 из 5 последовательных дней было в начале серии опытов больше, чем в конце ее, у другого наблюдателя (Гамбурцева) было отмечено, наоборот, увеличение среднего значения.

Колебания E_0 у обоих наблюдателей были вначале больше, чем в конце серии наблюдений, как это видно из табл. 4.

Таблица 4

Первые 5 дней серии	Последние 5 дней серии	Наблюдатель	
71	56	Абрикосов	Среднее значение E_0 за 5 дней
72	80	Гамбурцева	
40	12	Абрикосов	Максимальные разности E_0 за 5 дней
15	10	Гамбурцева	

II. Теория

Полученные результаты можно объяснить теоретически, если допустить, что в коже под влиянием ультрафиолетовых лучей происходит фотохимическая реакция, продукты которой всасываются в кровь и действуют на центры головного мозга. При этом мы будем допускать, что интенсивность ультрафиолетовой радиации изменяется пропорционально всей радиации, измеряемой актинометром.

Пусть P есть концентрация светочувствительных веществ, тогда по законам фотохимии

$$-\frac{dP}{dt}=\alpha JP,$$

где α постоянная и J яркость радиации. Отсюда находим:

$$P=P_0 e^{-\alpha Jt}.$$

P_0 есть начальное значение P при $t=0$.

Так как фотохимическая реакция, описанная выше, есть реакция первого порядка, то концентрация продуктов распада P_1 равна $P_1=P_0-P$ или

$$P_1=P_0(1-e^{-\alpha Jt}), \text{ но } \quad Jt=Q,$$

поэтому

$$P_1=P_0(1-e^{-Q\alpha}). \qquad [1]$$

Максимальная чувствительность E_0 зрительного аппарата как показал Лазарев равна

$$E_1=ANE_2, \qquad [2]$$

где A — постоянная, N — максимальное количество палочек на см², способных к реакции в данный момент, и E_2 — чувствительность центров.

По нашему представлению продукты фотохимичеекой реакции изменяют E_2, уменьшая ее.

Мы можем положить $E_2=E_2^0 f(P_1)$, где E_2^0 есть максимальная чувствительность центров мозга без действия света. Разлагая $f(P_1)$ в ряд и имея в виду, что при $P_1=0$, $E_2=E_2^0$, находим:

$$E_2=E_2^0(1-\beta_0 P_1); \qquad [3]$$

подставляя P_1 (формула [1]) в выражение [3], получаем:

$$E_2=E_2^0(1-\beta_0[1-e^{-\alpha Q}]P_0),$$

и чувствительность E_1

$$E_1=ANE_2=ANE_2^0(1-\beta_0[1-e^{-\alpha Q}]P_0).$$

Чувствительность до действия света есть

$$E_0=ANE_2^0.$$

Таким образом,

$$E_0-E_1=ANE_2^0\beta_0 P_0(1-e^{-\alpha Q})$$

или, так как $E_0=ANE_2^0$,

$$\frac{E_0-E_1}{E_0}=\beta_0 P_0(1-e^{-\alpha Q}). \qquad [4]$$

Если Q мало,

$$\frac{E_0-E_1}{E_0}=\beta_0 P_0 \alpha Q, \qquad [4_1]$$

то есть мы получаем закон, эмпирически найденный на опыте.

В общем случае, если Q не мало (формула [4]), $\frac{E_0 - E_1}{E_0}$ должно ассимптоматически по экспоненциальной кривой приближаться к предельному значению $\frac{E_0 - E_1}{E_0}$. Этого однако не наблюдается, и при 60 калориях на см^2 $\frac{E_0 - E_1}{E_0}$ достигает максимума, а затем эта величина падает, так что энергия Q, действующая на кожные светочувствительные вещества, должна быть меньше, чем Q, наблюдаемая актинометрически. Это должно зависеть от того, что благодаря загару, получаемому после серии инсоляций и вызывающему появление пигментов в кожных покровах, до светочувствительных веществ кожи будет доводиться меньшая энергия, чем доводится до них без загара.

Дальнейшие работы должны выяснить приложимость закона Бунзена-Роско ($Jt = \text{const}$) при постоянном адаптационном эффекте и показать в лаборатории влияние одного ультрафиолетового освещения на ход кривой адаптации.

К этим работам мы приступаем в ближайшее время.

В заключение мы выражаем глубокую благодарность директору курорта К. А. Галенину и научному руководителю курорта проф. А. К. Шенк за их содействие в организации этой работы.

Научный совет государственного курорта „Евпатория".
Лаборатория биофизики органов чувств
Института экспериментальной медицины.
Москва.

Поступило
10 IX 1934.

BIOPHYSIQUE

INFLUENCE DE L'ÉCLAIREMENT DE LA PEAU DE L'HOMME SUR L'ADAPTATION DE L'OEIL AU COURS DE LA VISION PÉRIPHÉRIQUE

Par P. LASAREFF, de l'Académie, A. GAMBURCEVA, S. ABRIKOSOV et B. ŠAPOŠNIKOV

La sensibilité de l'oeil E_0 observée avant l'eclairement de la peau avec des rayons du soleil est plus grande que la sensibilité E_1 observée après l'insolation.

$$E_0 > E_1.$$

La sensibilité E_1 augmente avec la quantité de l'énergie Q éclairant la peau.

Si Q est assez petite, il existe entre E_0, E_1 et Q la relation suivante:

$$\frac{E_0 - E_1}{E_0} = \alpha Q,$$

où α est une constante.

Si Q n'est pas petite, $\frac{E_0 - E_1}{E_0}$ atteint un maximum ($Q = 60$ cal.), après quoi la valeur $\frac{E_0 - E_1}{E_0}$ décroît.

On peut donner une explication détaillée des faits observés en admettant que sous l'action des rayons du soleil il se produit dans la peau une réaction photochimique dont les produits agissent sur les cellules des centres nerveux.

Conseil scientifique médical. Eupatoria.
Laboratoire de Biophysique des Organes des Sens
de l'Institut de Médecine expérimentale.
Moscou.

Manuscrit reçu
le 10. IX. 1934.

БИОФИЗИКА

Академик П. П. ЛАЗАРЕВ

О ЗАКОНАХ ДЕЙСТВИЯ СВЕТА НА ГЛАЗ И КОЖУ

Известно, что эмбриологически нервная система и орган зрения родственны коже и ее образованиям, так как и те и другие развиваются из одного и того же зародышевого листка (эктодерма). Можно поэтому ожидать близкой аналогии биофизических законов действия света на кожу и на орган зрения. Мы покажем эту аналогию, пользуясь исследованиями периферического зрения, выполненными мною с моими сотрудниками [1], и работами над чувствительностью кожи к ультрафиолетовым лучам, произведенными Эллингером [2].

1. Как показано было мной, кривая чувствительности периферического зрения, слуха и двигательных центров изменяется с возрастом. При рождении чувствительность близка к нулю, затем она растет, достигает максимума около 20—25 лет и после этого возраста начинает спадать к старости. Совершенно такой же вид в зависимости от возраста имеет по Эллингеру кривая чувствительности кожи к эритеме, вызываемой ультрафиолетовыми лучами.

2. Чувствительность периферического зрения изменяется по месяцам, причем, как это показано А. С. Гамбурцевой и мной, максимумы чувствительности центров наблюдаются весной и осенью (апрель, сентябрь), минимумы — зимой и летом. Летний минимум не был наблюден непосредственно из-за закрытия лаборатории на лето; о его существовании можно было заключить по падению чувствительности в мае и июне.

Чувствительность периферии зрительного аппарата, определяемая коэффициентом восстановления зрительного пурпура, также показывает сезонные изменения с максимумами зимой и летом.

По наблюдениям Эллингера светочувствительность кожи достигает максимума весной (в марте — апреле) и осенью (в октябре — ноябре). Минимумы наблюдаются зимой и летом. Таким образом имеется ясный параллелизм и в этом случае между функциями глаза и кожи.

3. Как показали измерения З. В. Булановой [3] при беременности (за исключением третьего месяца) наблюдаются повышения чувствительности периферического зрения, достигающие 100% и более. То же явление повышения чувствительности наблюдается и в коже при беременности, как показал Эллингер, причем повышение достигает 65%. Интересно, что на третьем месяце как для чувствительности глаза, так и для чувствительности кожи наблюдается понижение.

4. При менструациях, как показали исследования З. В. Булановой, А. С. Гамбурцевой и Л. В. Кузьминых в большинстве случаев наблюдается повышение чувствительности периферического зрения. Опыты Эллингера констатировали для чувствительности кожи повышение ее при менструации при 50% случаев (в 20% наблюдается понижение, в 30% неизменность чувствительности).

5. Кровотечения и всякое понижение снабжения тканей кислородом обнаруживают уменьшение чувствительности центров зрения [П. П. Лазарев, Н. А. Подзоров, И. И. Яковлев, Л. В. Кузьминых, Е. Н. Марголина, С. А. Абрикосов, Б. П. Шапошников [1]]. Совершенно аналогично этому при понижении кровяного давления получается понижение светочувствительности кожи.

6. Сказанное показывает, что между светочувствительностью кожи и глаза имеется глубокая аналогия, и можно с полным правом говорить об адаптации кожи и глаза к свету и темноте, причем законы адаптации как глаза, так и кожи одинаковы.

Многие данные говорят, что вышеуказанная аналогия распространяется и на все ткани и органы, так что можно говорить об адаптации как об общем свойстве живой материи.

Научный совет государственного курорта „Евпатория".
Лаборатория биофизики органов чувств
Института экспериментальной медицины.
Москва.

Поступило
10 IX 1934.

BIOPHYSIQUE

SUR LES LOIS DE L'ACTION DE LA LUMIÈRE SUR L'OEIL ET SUR LA PEAU

Par P. LASAREFF, de l'Académie

Au point de vue embryologique le système nerveux, les organes des sens et la peau sont des tissus analogues, ayant une source de développement unique — l'ectoderme. Les lois biophysiques qui s'observent au cours de la vie de ces tissus doivent être identiques. L'auteur montre dans le présent travail l'identité des lois de l'action de la lumière visible sur l'oeil et de la lumière ultraviolette sur la peau.

1) La sensibilité de l'oeil et de la peau montrent une variation identique avec l'âge de l'homme. Pendant la vie de l'homme la sensibilité croît jusqu'à 20—25 ans et décroît ensuite.

2) La sensibilité de l'oeil et celle de la peau montrent des changements mensuels réguliers. En hiver et en été la sensibilité a des minima, au printemps et en automne — des maxima.

3) Au cours de la grossesse la sensibilité de l'oeil et de la peau croit.

4) Il y a beaucoup de cas dans lesquels la sensibilité sus-indiquée des deux organes varie de façon identique.

Conseil scientifique médical. Eupatoria.
Laboratoire de Biophysique des Organes des Sens
de l'Institut de Médecine expérimentale.
Moscou.

Manuscrit reçu
le 10. IX. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITTÉRATURE CITÉE

[1] P. Lasareff. Théorie ionique de l'excitation des tissus vivants. Paris, 1928. — P. Lasareff. Schriften der Königsberger gelehrten Gesellschaft, Naturwiss. Klasse, 5. Jahrb., H. 5, 1928. — П. П. Лазарев и А. С. Гамбурцева. ДАН, т. III, № 3, стр. 170, 1934. P. Lasareff et A. Gamburceva. C. R. Acad. Sci. URSS, v. III, № 3, p. 170, 1934. — П. П. Лазарев, Н. А. Подзоров, Л. В. Кузьминых, И. И. Яковлев и Е. Н. Марголина. ДАН (А), № 8, стр. 138, 1933. — P. Lasareff, N. Podzorov, L. Kusĭminych, E. Jakovlev et C. Margolina. C. R. Acad. Sci. URSS, № 8, p. 138, 1933. — П. П. Лазарев, С. А. Абрикосов и Б. П. Шапошников. ДАН (А), № 8, стр. 132, 1933. — P. Lasareff, S. Abrikosov et B. Schaposchnikov. C. R. Acad. Sci. URSS, № 8, p. 132, 1933. [2] Friedrich Philipp Ellinger. Forschungen und Fortschritte, 8 Jahrg., № 15, p. 199, 1932. [3] П. П. Лазарев. Клиническая медицина, 11, № 1—2, стр. 1, 1933. P. Lasareff. Médecine clinique, 11, № 1—2, p. 1, 1933.

БИОФИЗИКА

В. В. АЛПАТОВ и О. К. НАСТЮКОВА

ДЕЙСТВИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫХ ЛУЧЕЙ НА ТЕМП ДЕЛЕНИЯ *PARAMECIUM CAUDATUM* В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ СРЕДЫ ВО ВРЕМЯ ОБЛУЧЕНИЯ И ПОСЛЕ НЕГО

(*Представлено академиком А. А. Рихтером 10 VII 1934*)

1. Вопрос о влиянии температуры окружающей среды на реакцию протоплазмы на ультрафиолетовое облучение мало разработан. Хилл и Эйдинов (1) сообщают, что при температуре в 20° С смертельная для инфузорий доза ультрафиолетового облучения на одну треть меньше, чем при 10°. Доннон и Тцанг (2), работая с яйцами круглых червей, нашли, что температурный коэффициент чувствительности к ультрафиолетовым лучам в зоне 16—40° С равен всего 1.20. Далее Хилл и Тэйлор (3), изучая кожную эритему при ультрафиолетовом облучении, не нашли влияния температуры в момент облучения, но указали на положительную связь эритемы кожи с температурой, если она подвергалась предварительно воздействию температуры. Основным недостатком прежних работ было то, что авторы изучали лишь две произвольно взятые точки температурной шкалы.

2. Наше исследование заключалось в применении ультрафиолетовых лучей в дозе, подавляющей размножение парамеций (продолжительность 90 секунд, расстояние от горелки Гереус 37 см, при токе в 6А). Произведенные опыты могут быть разбиты на две группы. Относящиеся к первой заключались в том, что инфузории, находившиеся в 1 см³ бидестиллированной воды, помещались в в дяные бани с различными температурами на полчаса (в опыте 5 на ¾ часа) и держались в них во время процесса облучения. В подавляющем большинстве опытов имелся контроль, который подвергался тому же температурному режиму, но был прикрыт от света. Вторая группа опытов состояла в том, что инфузории, облученные при одной температуре (25°), помещались немедленно п о с л е облучения на полчаса в различные температуры. Как в первом, так и во втором типе опытов, животные после воздействия на них ультрафиолетовых лучей и тепла помещались в среду Беерса (4) с бактериями на сутки в термостат с температурой около 25°. Животные помещались попарно в одну ямку на предметных стеклах, вследствие чего биометрическая обработка имела дело в качестве варианты не с потомством одной особи, а с потомством пары особей.

3. Обратим прежде всего внимание на последствие различных температур на темп деления (см. табл. 1). Материал для этого дается контрольными животными. Нам представляется, что температурную шкалу в пределах границ жизни можно разбить на: 1) зону витальную, в которой организм может существовать неограниченно долгое время без видимой опасности в смысле вымирания, 2) холодовую сублетальную зону и 3) тепловую сублетальную зону. Эти две последние зоны характеризуются тем, что уже некоторое пребывание в них выражается депрессивными последствиями. Верхней летальной точкой для нашей линии парамеций надо считать температуру в 38°, при которой очень быстро наблюдается тепловая смерть. Точно так же инфузории отмирают при замерзании воды. Тепловой сублетальной зоной надо считать зону, к которой относятся наши температуры в 37 и 35°, а возможно и несколько более низкие,

Таблица 1 — Table 1

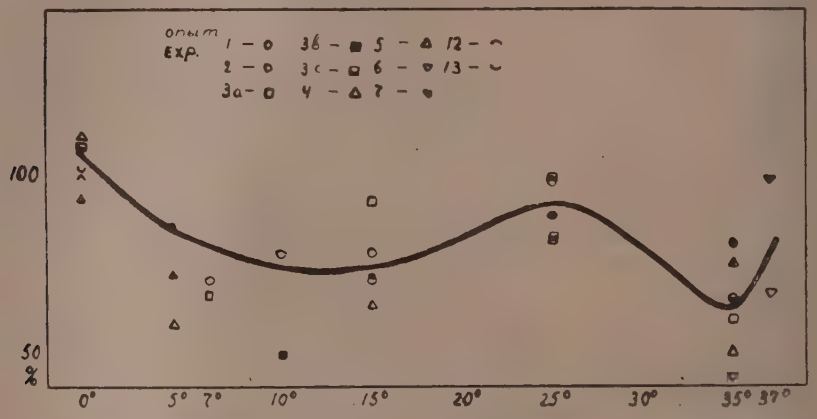
Среднее число потомков на родительскую особь *P. caudatum* через сутки (в опытах 11 и 8b — двое суток). Облучение при разных температурах инфузорий, выдержанных до облучения при соответственных температурах полчаса (в опыте 5—45 минут)

Average number of progeny per one maternal specimen of *Paramecium* at the end of a 24 hour period (in exp. 8b and 11 — 48 hours). Animals were kept during the radiation and for half an hour before it at different temperatures (in exp. 5 — for 45 minutes)

№ опыта No of the experiment		t°								Число особей в каждой группе Number of specimens in each group
		0°	5°	7°	10°	15°	25°	35°	37°	
1	Контр. Contr.			1.95		1.95	1.80	2.05		20
	Облуч. Exp.			1.35		1.35	1.75	1.30		20
2	Контр. Contr.		2.55			2.35	2.35	2.15		20
	Облуч. Exp.		2.15			1.80	2.05	1.70		20
3a	Контр. Contr.			2.2		2.35	2.25	2.10		20
	Облуч. Exp.			1.45		2.15	2.20	1.20		22
3b	Контр. Contr.				5.2	—				20
	Облуч. Exp.	1.85	2.42		2.55	2.62				20
3c	Контр. Contr.	1.84					2.00	—		15—24
	Облуч. Exp.	1.96			1.54		1.63	1.25		15—24
4	Контр. Contr.	2.36	2.96			3.23	3.00	2.82		22
	Облуч. Exp.	2.58	1.71			2.00	2.42	1.38		24
5	Контр. Contr.	2.65	3.08					2.38		26
	Облуч. Exp.	2.46	2.19					1.77		26
6	Контр. Contr.							3.64	2.18	28—30
	Облуч. Exp.							1.58	1.43	28—30
7	Контр. Contr.					1.85		1.95	1.60	20
	Облуч. Exp.					1.30		1.40	1.55	20
10	Контр. Contr.	—			—		—			—
	Облуч. Exp.	2.03				2.50	2.59			34
11	Контр. Contr.	—			—		—			—
	Облуч. Exp.	3.50			3.09		3.29			34
12	Контр. Contr.	2.18			3.15					34
	Облуч. Exp.	2.15			2.44					34
13	Контр. Contr.	2.03			2.68					30
	Облуч. Exp.	2.03			2.00					30

так как из опытов 1, 2, 3a, 4, 6, 7 в 5 случаях получасовое содержание при 35 и 37° дает в последующем подавление темпа размножения. Точно так же температура около 0° во всех случаях (опыты 4, 5, 12, 13, 3c) дает депрессивное последействие сравнительно с температурами более высокими, конечно, если они не переходят нижней границы тепловой сублетальной зоны.

Обращаясь к темпу деления инфузорий, облученных в различных точках витальной зоны, мы обнаруживаем, что точка, лежащая в середине этой зоны, дает наибольшую резистентность к подавляющему темп деления воздействию ультрафиолетовых лучей, что видно без исключения



Темп деления парамеций, облученных ультрафиолетовыми лучами при различных температурах, выраженный в процентах темпа деления контрольных инфузорий, содержавшихся при тех же температурах. Значками обозначены данные отдельных опытов. Кривая выровнена по константам табл. 2.

The division rate of *Paramecium* exposed to the ultra-violet radiation at different temperatures expressed in percentage of the division rate of the control ones. The curve is drawn by hand according to the constants of Table 2.

по всем опытам (1, 2, 3a, 3c, 4, 10). Для сублетальных зон абсолютные числа темпов делений не дают возможности установить каких-либо закономерностей. Если же мы будем находить для облученных животных относительный темп деления, выражая абсолютные значения его в процентах соответствующих контролей, то получим данные табл. 2, графически представленные нами на кривой.

Кривая относительной стойкости показывает наличие трех максимумов стойкости: одного, совпадающего с максимумом абсолютной стойкости и о котором было говорено выше, и двух, появляющихся здесь впервые. Вероятные ошибки констант позволяют считать наши заключения вполне достоверными.

Результаты опытов второго типа (см. табл. 3) показывают, что одна и та же доза ультрафиолетового облучения проявляется на последующем темпе размножения по разному в зависимости от температуры, в которую помещаются животные непосредственно после облучения. Абсолютная стойкость по прежнему падает на середину витальной зоны. Относительная стойкость повышается к нулевой точке, что видно из данных опытов 12b и 13b (для 0° — темп деления в процентах контроля 89.0 и 98.5,

Таблица 2 — Table 2

Средние арифметические и вероятные ошибки численности потомства инфузорий, вычисленные на основе выражения числа потомства у облученных и необлученных инфузорий в процентах средне-арифметических контролей в отдельных опытах. На основе данных опытов 1, 2, 3a, 4, 5, 6, 7, 12, 13

Averages and probable errors of the number of progeny of *Paramecium*. The calculations have been made by expressing individual progeny in percentage of the averages of the control animals in separate experiments (exp. 1, 2, 3a, 4, 5, 6, 7, 12, 13)

	t°						
	0°	5—7°	10°	15°	25°	35°	37°
Контр. Contr. . .	100.0 ±2.15	100.1 ±2.24	100.0 ±3.27	100.0 ±2.24	100.5 ±3.24	101.0 ±1.61	101.7 ±3.64
Облуч. Exp. . . .	99.6 ±2.21	69.6 ±1.99	78.4 ±2.15	74.5 ±2.16	91.0 ±2.48	62.2 ±1.70	77.5 ±3.42

Таблица 3 — Table 3

Среднее число потомков на родительскую особь *P. caudatum* через сутки (в опыте 9 — двое суток) после облучения животных, находящихся при 25°. После облучения — засадка на полчаса в разные температуры

Average number of progeny per one maternal specimen 24 hours after the exposure to radiation (in the 9th exp. — 48 hours). Animals were exposed to radiation at a t° of 25° and subsequently kept for 30 minutes at different temperatures

№ опыта No of the experiment		t°					Число особей в каждой группе Number of specimens in each group
		0°	10°	15°	25°	35°	
8	Облуч. Exp.	1.63		1.63	2.00	1.58	38
9	„ „	3.09		3.205	4.295	2.95	44
10b	„ „	1.65		2.56	2.73		34
11b	„ „	2.41		2.59	3.68		34
12b	Контр. Contr.	2.18	3.15	—	—	—	34
	Облуч. Exp.	1.94	2.18	—	—	—	34
13b	Контр. Contr.	2.03	2.63				30
	Облуч. Exp.	2.00	1.93				30

для 10° — соответственно 69.2 и 73.4). Эти два опыта (12 и 13) позволяют сравнить эффект подавления деления одной и той же дозой: 1) в случае предварительного и одновременного выдерживания облучаемых животных при разных температурах, 2) в случае облучения их при одной температуре, но при условии последующего помещения на некоторое время после облучения в разные температуры. Оказывается, что эффект подавления даже более выражен во втором случае, что видно из абсолютных показателей темпа деления, а особенно из процентных его выражений.

Так, в среднем для обоих опытов для облученных инфузорий процентный темп деления при предварительном температурном воздействии для 0° дает 99.4%, для 10° — 78.2%, а для последующего температурного воздействия соответственно 93.8 и 71.1%.

4. Наши опыты позволяют сделать выводы двоякого рода. Прежде всего, сопоставление опытов первого и второго типа с ясностью показывает сложную природу воздействия ультрафиолетовых лучей на клеточное деление. Еще Бови и Клейн (1918) показали, что ультрафиолетовые лучи сенсибилизируют парамеций к теплу, а именно, при помещении облученных парамеций в 25—26° было 66% смертей, а при 17° смертей не было. Раньше этого Бови нашел (1913), что облученный альбумин коагулирует в большой зависимости от температуры среды, безразлично, применено ли облучение к препарату, находящемуся при различной температуре, или предварительно облученный препарат помещен в различные температуры.

Можно думать, что налицо имеется цепная система из следующих звеньев, различно зависящих от температуры. Первым звеном является фотохимическая реакция с неулавливаемой опытом зависимостью от температуры. Вторым звеном является воздействие продуктов фотохимической реакции на протоплазму, свойства которой в дальнейшем проявляются на темпе размножения клетки. Это воздействие оказывается в весьма большой степени зависящим от того, в каком температурном состоянии находится протоплазма, вне отношения к тому — до или после облучения подготовлено это состояние.

Вторым выводом является установление двух минимумов и трех максимумов в кривой зависимости нашего второго звена от температуры. Падение кривой в витальной зоне вокруг точки наибольшей резистентности, лежащей для парамеций около 25°, надо, повидимому, связывать с изменениями в коллоидных свойствах протоплазмы обратимого порядка в различных частях этой зоны. Если для неживых коллоидных систем вязкость, как правило, падает правильно и постепенно с повышением температуры, для протоплазмы, как это можно видеть по работам Гейлбронна ([5]), Гейбрунна ([6]) и Баас Бэкинга ([7]), противоречит этим данным лишь указание Пантина ([8]): наибольшая вязкость протоплазмы приходится над температурной точкой, соответствующей оптимуму жизнедеятельности. В стороны от этой точки вязкость падает и вновь поднимается (по Гейлбрунну) к 0° и летальной температуре, где изменения вязкости, видимо, начинают носить необратимый характер (наши сублетальные зоны).

В нашей предыдущей работе нам удалось показать, что чувствительность протоплазмы к ультрафиолетовым лучам весьма сильно может быть изменена путем предварительного воздействия на нее агентов, меняющих ее вязкость. Мы имеем, таким образом, основание думать, что кривая связи второго звена процесса воздействия ультрафиолетовых лучей на клеточное деление с температурой — является отражением изменения коллоидных свойств протоплазмы и в первую очередь ее вязкости под влиянием температуры.

Межинститутское биофизическое объединение
Московского государственного университета.
Лаборатория экологии и Лаборатория им. Максвелла.

Поступило
10 VII 1934.

BIOPHYSICS

ON THE INFLUENCE OF ULTRA-VIOLET RADIATION ON THE DIVISION RATE OF *PARAMECIUM CAUDATUM* IN RELATION TO TEMPERATURE DURING AND AFTER RRADIATION

By V. ALPATOV and O. NASTIUKOVA

(*Communicated by A. Richter, Member of the Academy, 10. VII. 1934*)

1. There are but very few investigations dealing with the combined action upon the protoplasm of ultra-violet radiation and temperature (see references). The principal defect of previous work along this line has been the absence of investigations of the influence of temperature at more than two points of the temperature scale.

2. Our work consisted in an application of such dose of ultra-violet radiation as oppresses the division rate of *Paramecium caudatum* (37 cm from a Hereus quarz burner, 6 A, 90 seconds of direct exposure).

Two types of experiments have been carried out. The first one consisted in an exposure to radiation of infusoria placed in a beaker with 1 cm^3 of twice distilled water and kept half an hour previously as well as during radiation time at a desirable temperature. The control animals were kept side by side with the experimental ones, being protected from the radiation.

In the experiments which belonged to the second type, the animals were exposed to radiation at a t° of 25° and afterwards placed for half an hour into different temperatures. In both types of experiments the animals were left for multiplication during 24 hours in hollows on slides, each hollow containing two parental animals. This compelled us to take a progeny of two parents as a unit in our biometrical calculations.

3. An examination of the data concerning the control animals shows that there is a definite after-action of a high (35—37°) and of a 0° temperature representing a decrease of the division rate (see exp. 1, 2, 3a, 4, 6, 7 with one exception and exp. 3c, 4, 5, 12, 13 without exceptions, Table 1, p. 63). It seems reasonable to us to name these temperatures 'sublethal' and to call the zone between them the 'vital' zone. Experimental animals offer the greatest absolute resistance to ultra-violet radiation just in the middle of the vital zone. This is evident from all the corresponding experiments without exceptions (exp. 1, 2, 3a, 3c, 4, and 10). If we calculate the relative resistance expressing the division rate of animals exposed to radiation in percentages of the control ones, we can see in Table 2 (p. 65) and the Figure on p. 64 that there exist three maxima of resistance; one corresponding to the maximum of the absolute resistance, and two others, which appear for the first time here. The probable errors in Table 2 give us the right to consider the conclusion we are drawing as statistically significant.

Turning our attention to the results of the experiments belonging to the second type (see Table 3, p. 65), we can observe that the same dose of ultra-violet radiation has a different effect on the division rate. This effect depends on the temperature of the environment in which the animals have been placed for an hour immediately after the radiation. Similarly to the first experiment, the greatest resistance coincides with the middle point of the vital zone. The relative resistance rises towards the 0° point (see

exp. 12b and 13b, where for 0° the relative resistance is equal to 89.0 and 98.5, and for a temperature of 10° — to 69.2 and 73.4 respectively). These two experiments (12 and 13) containing both the types of procedures described above, show that the depressive action of the ultra-violet radiation is more pronounced in those cases when different temperatures are given after the exposure to ultra-violet radiation than if they are given before. The figures averaged for both the experiments and showing the relative division rate of radiated animals in the case of animals kept at different temperatures before and during radiation are equal to 99.4 for 0° and 78.2 for 10°, and in the case of their being placed in different temperatures after radiation they are equal to 93.8 and 71.1.

4. Two principal conclusions can be drawn from our data. The first, that the process we are studying, is a compound one, being a chain reaction with links differing in their relation to temperature. The first link, being a photochemical reaction, shows no detectable connexion to temperature. The second link, which represents the interaction between the products of the photochemical reaction and the protoplasm, is greatly influenced by temperature conditions of the protoplasm. This conclusion agrees well with the observations of Bovie (1913) and Bovie and Klein (1918) on the sensitization to heat of albumin and *Paramecium* (their death-point) due to the exposure to ultra-violet radiation.

The second conclusion is the establishment of a complex relationship between temperature and the second link of our chain process in the case of a living protoplasmatic system. Our previous work on the susceptibility of *Paramecia* to ultra-violet radiation has shown its negative correlation to the viscosity of the protoplasm. A long series of observations: those of Heilbronn ([5]), Heilbrunn ([6]), Baas Beeking, and others ([7]), with the exception of that of Pantin ([8]), indicates that there is a rise of viscosity above the point corresponding to the temperature optimum. To the left and to the right the viscosity drops and increases again towards 0° and the lethal temperature (according to Heilbrunn). We believe that our curve of the relative susceptibility of *P. caudatum* at different temperatures is a reflection of the changes in the colloidal properties of the protoplasm under the influence of different temperatures.

Biophysical Committee
of the Moscow State University.
Laboratory of Oecology
and Maxwell Laboratory.

Received
10. VII. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

[1] Hill and Eidinow. Proc. Roy. Soc., B., pp. 163—170, 1923. [2] A. Dognon et J. Tsang. C. R. Soc. d. Biol., v. 98, 1928. [3] Hill and Taylor. Br. J. of Phys. Med., May, 1931. [4] В. В. Алпатов и О. К. Настюкова. ДАН, т. II, № 4, 1934. V. Alpatov and O. Nastiukova, C. R. Acad. Sci. URSS, v. II, № 4, 1934. [5] Heilbronn. ZS. f. w. Bot., v. 61, 1922. [6] Heilbrunn. Am. J. Phys., v. 68, 1924. [7] L. Baas, Beeking, and others. Ver. de Kon. Akad. v. Wet. t. Amst., 25, 1928 [8] C. Pantin. J. Mar. Biol. Assn., v. 13, 1924.

БИОХИМИЯ

А. А. БАЕВ

КЛЕТОЧНОЕ ДЫХАНИЕ И ПРЕВРАЩЕНИЯ АММИАКА

(*Представлено академиком А. Н. Бахом 14 VIII 1934*)

Образование аммиака в результате дезаминирования азотистых органических соединений является процессом, с которым постоянно и неизменно приходится встречаться при изучении обмена, лежащего в основе функциональной деятельности различнейших клеток и тканей. Возбуждение нерва (H. Winterstein), сокращение мышцы (Embden, Parnas, Meyerhof), реакция сетчатки глаза на освещение [Rösch u. Te Kamp (1)], могут служить тому примерами. Превращения лабильных аминогрупп — отщепление и ресинтез их — должны быть отнесены к числу кардинальных процессов клеточного обмена, поставлены наряду с такими, как дыхание, гликолиз, превращения фосфорных соединений. Вернее, превращения аммиака должны быть не только поставлены наряду с указанными процессами, но задачей является выяснение тех взаимоотношений, которые связывают все эти превращения между собою в единый комплекс клеточного химизма.

Взаимоотношения между дыханием и гликолизом лежат в основе современных представлений об обмене клетки. С несомненностью установлена связь как гликолиза, так и дыхания с превращениями лабильных фосфорных соединений. Обнаружена зависимость между процессами дезаминирования и гликолиза (2). Наконец, как правило оказывается, что процессы дезаминирования и дефосфорилирования идут симбатно, нередко в почти стехиометрических соотношениях; это заставляет допустить определенную сопряженность между ними. Таким образом, в общей цепи этих взаимно-связанных химических превращений в клетке оставалось неизученным одно последнее звено: вопрос о взаимоотношениях между дыханием и процессами дезаминирования.

Этому вопросу и посвящена настоящая работа, проведенная по предложению и под руководством В. А. Энгельгардта.

Доминирующую роль среди веществ, служащих источником образования аммиака в животных клетках, играют нуклеотиды аденина: аминогруппа последнего обнаруживает исключительную физиологическую лабильность. Одновременно эти же соединения принимают выдающееся участие в превращениях фосфорной кислоты; главное место при этом принадлежит высоко-фосфорилированным дериватам аденозина (аденилпирофосфату, по терминологии Ломана). Процессы дезаминирования и реаминирования, отщепление фосфорной кислоты и обратное фосфорилирование этих адениновых дериватов или выполняют известные энергетические функции при некоторых фазах клеточного обмена, или стоят в связи с ролью этих соединений в качестве ко-фермента десмолитической системы клетки.

В работах Энгельгардта (3) были вскрыты взаимоотношения между дыханием, с одной стороны, и превращениями лабильных фосфорных соединений (в первую очередь пирофосфата), с другой. В связи с отмеченными выше наблюдениями о параллелизме дезаминирования и дефосфорилирования пирофосфата (5), естественно возникало предположение, что и дезаминирование окажется стоящим в той или иной связи с клеточным дыханием. Приводимые ниже опыты показывают, что это предположение в полной мере оправдывается.

Объектом опытов, как и в работах Энгельгардта, служили эритроциты голубя. Кровь получалась пункцией сердца, дефибринировалась, эритроциты промывались охлажденным во льду рингеровским раствором и взвешивались в рингере с 0.2% глюкозы. Аммиак определялся по Парнасу. В ряде случаев определения производились в двух параллельных пробах, расхождение между ними не превышало 3—5%. Все результаты выражены в мг азота аммиака на 1 см³ эритроцитов.

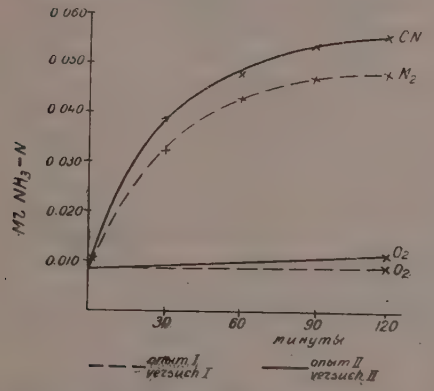
Были исследованы различные способы выключения дыхания. Основным являлось создание условий чистого анаэробиоза: освобождение эритроцитов от удерживаемого ими кислорода, сохранение их (при 37°) в атмосфере азота. Как видно из табл. 1, оп. I и фиг. 1, при этом происходит быстрое нарастание аммиака; кривая дает резкий загиб около первого часа: к этому моменту отщепилась главная масса аммиака, дальше прирост идет несравненно медленнее. Можно думать, что образование аммиака происходит из нескольких источников: на протяжении первого часа заканчивается дезаминирование более лабильных соединений, дальше идет медленный распад каких то других веществ. Этот ход кривой в точности воспроизводит ход отщепления фосфора из пирофосфата в тех же условиях. В настоящее время еще не имеется достаточных данных, чтобы с уверенностью высказаться относительно стехиометрических соотношений между отщепляющимися фосфором и аммиаком. В опытах, где производились одновременные определения того и другого, молярное отношение N : P большей частью лежало около 2, но в отдельных случаях оно бывало выше, доходя почти до 1 : 4.

Таблица 1 — Tabelle 1

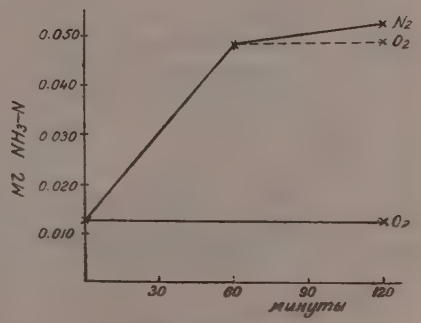
	Опыт Versuch	Проба Probe	Время в минутах Zeit in Minuten				
			0	30	60	90	120
			Аммиак, мг N на 1 см³ эритроцитов Ammoniak, mg N pro cm³ Zellen				
I	Анаэробиоз в азоте	Контроль Kontrolle	0.0089				0.0095
	Anaerobiose im Stickstoff	Анаэробно Anaerob	0	0.0328	0.0433	0.0467	0.0471
II	Синильная кислота (0.001 мол.) Blausäure (0.001 mol.)	Контроль Kontrolle	0.0081				0.0113
		Цианид Cyanid		0.0390	0.0488	0.0536	0.0550
III	Окись углерода Kohlenoxyd	Контроль Kontrolle	0.0132				0.0138
		CO		0.0280	0.0302		0.0370
IV	Фенилуретан Phenylurethan	Контроль Kontrolle	0.0091				0.0137
		С фенилуретаном Mit Phenylurethan		0.0203	0.0237		0.0267

Тот же эффект, что и при анаэробиозе в азоте получается и в аэробных условиях при выключении дыхания синильной кислотой (ср. табл. 1, оп. II, и фиг. 1). То же самое, лишь несколько слабее (неполное устранение дыхания?), наблюдается при угнетении дыхания окисью углерода (оп. III) или наркотиками (фенилуретан) (оп. IV).

Как известно (3) разрушение структуры эритроцита (гемолиз) вызывает быстрое нарастание фосфора за счет распада пирофосфата. И тут наблюдается полная аналогия в отношении аммиака: гемолиз сопровождается быстро идущим нарастанием его (табл. 2, стр. 72).



Фиг. 1.—Abb. 1.



Фиг. 2.—Abb. 2.

В нормальных условиях, при сохраненном дыхании клетки, содержание аммиака остается длительное время практически постоянным, давая лишь совершенно ничтожный прирост. То же самое наблюдается и в отношении фосфора. Отсутствие нарастания неорганического фосфора в аэробных условиях могло быть объяснено непрерывным, осуществляемым за счет дыхания, ресинтезом лабильных фосфорных соединений. Наличие этого ресинтеза удавалось установить и прямыми опытами (3). В связи с этим были поставлены опыты, имевшие целью выяснить, нельзя ли и постоянство содержания аммиака объяснить тем, что идущее и в аэробных условиях дезаминирование перекрывается одновременно происходящим ресинтезом (реаминированием).

Опыты не дали подтверждения этому предположению: аммиак, накопившийся за период анаэробиоза, при последующем возобновлении дыхания (восстановление аэробных условий) не обнаруживал убыли, которую можно было бы трактовать, как результат реаминирования. Он лишь оставался неизменным на достигнутом уровне, в то время как в пробе, сохранявшейся и дальше в анаэробиозе, продолжалось нарастание его содержания (табл. 3 и фиг. 2).

Совершенно единообразный эффект, наблюдаемый при различнейших способах угнетения дыхания не оставляет сомнения в том, что дело сводится не к непосредственному воздействию применяемых агентов или условий на дезаминирующую систему, а что имеет место зависимость между течением окислительных процессов в клетке, с одной стороны, и процессами дезаминирования, с другой. Какова природа и механизм этой

Таблица 2 — Tabelle 2

Нарастание аммиака при гемолизе

Ammoniakbildung bei der Hämolyse

Проба Probe	Через 60 минут NH_3 — N, мг на $см^3$ эритроцитов Nach 60 Minuten NH_3 — N, mg pro cm^3 Zellen
Контроль Kontrolle	0.0058
Гемолиз сапонином Saponin-Hämolyse	0.0552
Гемолиз замораживанием Hamolyse durch Einfrieren und Auftauen	0.0356

Таблица 3 — Tabelle 3

Смена анаэробных на аэробные условия

Wiederherstellung aerober Bedingungen nach der Anaerobiose

Проба Probe	Время в минутах Zeit in Minuten		
	0	60	120
	Аммиак, в мг N на $см^3$ эритроцитов Ammoniak, mg N pro cm^3 Zellen		
Контроль Kontrolle	0.0124		0.0118
В азоте In Stickstoff	0	0.0484	0.0524
После 60 мин. в азоте помещена в кислород Nach 60 Minuten im Stickstoff in Sauerstoff übertragen			0.0488

зависимости, происходит ли в аэробных условиях непрерывный окислительный ресинтез, или тут имеется прямое угнетение дезаминирования — это остается еще не выясненным и должно послужить предметом дальнейших исследований.

Биохимическая лаборатория
Казанского государственного медицинского института.

Поступило
14 VIII 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITERATUR

[1] H. Rösch und Te Kamp. ZS. f. physiol. Chem., **175**, 158, 1928. — H. Rosch, ZS. f. physiol. Chem., **186**, 237, 1930. [2] H. K. Barrenscheen c. soc. Biochem ZS., **240**, 408, 1931; 230, 330 u. 231, 144, 1931. [3] W. A. Engelhardt. Biochem. ZS., **227**, 16, 1930; **251**, 343, 1932; Klin. Wochenschr., **9**, 1550, 1930. [4] O. Meyerhof, Lohmann u. Meuer. Biochem. ZS., **237**, 457. 1931. [5] K. Lohmann. Biochem. ZS., **241**, 67 (82), 1931. [6] W. Mozolowsky und B. Sobczuk. Biochem. ZS., **265**, 41, 1933. [7] E. Jacobsen. Biochem. ZS., **257**, 221, 1933.

AMMONIAKBILDUNG UND ATMUNG IN DEN ERYTHROZYTEN VON VÖGELN

Von A. BAJEV

(Vorgelegt von A. Bach, Mitglied der Akademie, d. 14. VIII. 1934)

ZUSAMMENFASSUNG

Die Desaminierung labiler N-haltiger Verbindungen — in erster Linie kommen die Derivate des Adenins, und zwar die Adenosin-polyphosphorsäuren (Pyrophosphat) in Betracht — ist ein wichtiges Glied des Tätigkeitsstoffwechsels der Zelle. Bekanntlich sind die Hauptprozesse dieses Stoffwechsels durch gegenseitige Wechselbeziehungen untereinander eng verbunden, so die Atmung mit der Glykolyse, der Umsatz labiler Phosphorsäureverbindungen (ebenfalls des Pyrophosphats) sowohl mit der Glykolyse [Engelhardt (3), Barrenscheen c. s. (2)] wie mit der Atmung (Engelhardt), ferner die Desaminierung des Pyrophosphats einerseits mit der Glykolyse [Lohmann (5); Barrenscheen)], and rerseits mit dessen Dephosphorylierung [Meyerhof, Lohmann, Meyer (4); Barrenscheen; Mozolowsky u. Sobczuk (6); Jacobsen (7)]. Das letzte Glied dieser Kette blieb unaufgeklärt, nämlich ob Beziehungen zwischen Ammoniakbildung und der Atmung bestehen, wie sie für den Umsatz der Phosphorsäure festgestellt wurden. In vorliegender Arbeit, die auf Veranlassung von W. Engelhardt ausgeführt ist, wurde diese Frage untersucht.

Die Versuche wurden an Taubenerythrozyten angestellt. Ammoniakbestimmung nach Parnas, meistens in Doppelproben.

Bei aerober Aufbewahrung in zuckerhaltiger Ringerlösung im Thermostat weist der Ammoniakgehalt auch nach längerer Zeit (bis 4 Stunden) einen nur ganz unbedeutenden Zuwachs, etwa 0.25 bis 2 γ NH_3 — N pro cm^3 Zellen und Stunde, auf. Wird aber auf irgenwelche Weise die Atmung der Zellen gehemmt oder gar ausgeschaltet, so findet sofort eine beträchtliche Ammoniakabspaltung statt, die bis 40 γ NH_3 — N und darüber hinaus pro cm^3 Zellen während der ersten zwei Stunden betragen kann. Die Erscheinung tritt sowohl unter den Bedingungen reiner Anaerobiose (Stickstoffatmosphäre) als auch in aeroben Bedingungen bei Hemmung der Atmung durch Blausäure, Kohlenoxyd, Narcotica (Phenylurethan) auf. Der Verlauf der Ammoniakbildung spiegelt vollkommen denjenigen der unter denselben Bedingungen auftretenden Dephosphorylierung wider; die Hauptabspaltung ist während der ersten 60 Minuten praktisch beendet und schreitet dann nur ganz langsam weiter fort. In den Versuchen, wo Ammoniakbildung und Phosphorsäureabspaltung gleichzeitig gemessen wurden, war das molare Verhältniss NH_3 — N : P ziemlich schwankend, meistens lag es bei 1 : 2, doch kamen auch Werte bis etwa 1 : 4 vor.

Im Gegensatz zu dem, was Engelhardt inbezug auf die Phosphorsäure festgestellt hat, lässt sich bei Wiederherstellung aerober Bedingungen keine Abnahme des während der Anaerobiose gebildeten Ammoniaks wahrnehmen. Es bleibt jetzt der Gehalt auf dem erreichten hohen Niveau unveränderlich, während im weiter anaerob aufbewahrten Teil der Zuwachs fortschreitet. Es gaben somit diese Versuche vorläufig keine direkten Hinweise auf das Vorhandensein einer aeroben Reaminierung.

Staatliches medizinisches Institut.
Biochemisches Laboratorium.
Kasan.

Eingegangen
d. 14. VIII. 1934.

Г. Г. МЕЛЛЕР, член-корреспондент Академии Наук СССР, и А. А. ПРОКОФЬЕВА *

НЕПРЕРЫВНОСТЬ И ДИСКРЕТНОСТЬ НАСЛЕДСТВЕННОГО ВЕЩЕСТВА

Признание того, что наследственное вещество не связано воедино чисто механически, но представляет собою органическую систему, в которой взаимоотношения между „отдельностями" столь же существенны как и их структура (в действительности их структура и взаимоотношения зависят друг от друга), ставит перед генетикой задачу конкретного исследования природы этой системы, способа построения ее из частей, а этих последних — из частей еще более мелких; далее, задачу исследования видимого цитологического выражения этих частей в связи с их генетическим эффектом, вопроса о способе и степени возможного их разделения и, следовательно, обратно, — задачу определения эффекта связей, нормально между ними существующих. Один способ исследования этих проблем заключается в вызывании разломов в хромозомах, путем их рентгенизации с последующим анализом полученных результатов. Путем анализа ряда определенных, полученных таким образом разломов мы старались в прошедшем году определить степень делимости хромозом этим методом и последствия подобного разделения. Результаты уже бросают некоторый свет на вышеупомянутый ряд проблем.

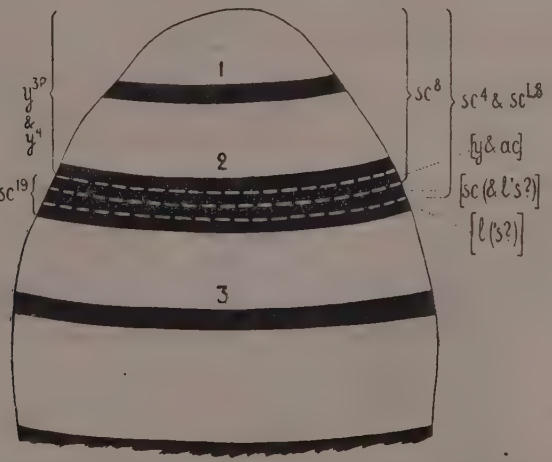
Внимание наше было концентрировано на очень ограниченном районе хроматина, в котором было анализировано наибольшее возможное число разрывов по отношению друг к другу с целью определения возможных пределов вариации места и способа разломов. Основанием для отбора разломов, т. е. критерием, показывающим, что разлом находится в пределах желаемого узкого района, был сопровождавший разлом фенотипический эффект, затрагивающий один из признаков (scute, achaete, yellow), зависящих от данного района.

Сущность метода анализа заключалась в получении рекомбинаций между различными случаями разломов взятых попарно, благодаря чему возникали индивидуумы, имеющие левую часть одной из разломанных хромозом совместно с правой частью другой. Если первый разрыв произойдет левее второго, подобный, полученный путем рекомбинации индивидуум, будет обязательно иметь нехватку района, лежащего между двумя разрывами, что влечет за собой смерть или ненормальность организма, тогда как дополнительный рекомбинационный тип (несущий часть хромозомы налево от второго разрыва совместно с частью хромозомы направо от первого) будет иметь удвоение наследственного вещества, лежащего между точками двух разрывов, что не столь разрушительно действует на сому. Mutatis mutandis, если второй разрыв произойдет левее первого, должны наблюдаться обратные фенотипические отношения. Если оба разрыва произойдут в идентичных местах или в местах столь близко соответствующих, что нехватка лежащего между ними района не оказывает заметного действия на сому, то ни один из дополнительных рекомбинационных классов не будет иметь характера нехватки. При практической работе этим методом возникают многие осложнения, детали которых не могут быть однако здесь изложены; это зависит от того факта, что раз-

* Г. Г. Меллер — Генетика, А. А. Прокофьева — Цитология.

рывы связаны с прикреплением обломанных фрагментов к новым точкам хроматина, а эти последние почти всегда являются местами других разрывов, и, таким образом, нехватки и удвоения возникают точно так же и в районах этих вторых разрывов, и эффект их должен как-либо преодолеваться.

До сих пор семь разрывов в данном районе были анализированы друг по отношению к другу (и восьмой разрыв был проанализирован по отношению к шести из предыдущих семи). Среди этих семи случаев было обнаружено лишь четыре ощутимо различных места разрывов. Иными



Фиг. 1. Диаграмма крайнего левого конца половой хромосомы *Drosophila*, показывающая точки разломов в области второго кольца. Фигурная скобка показывает размеры удаленного участка в каждом случае. Размеры y^4 и sc^{L8} были определены генетически, все же остальные как генетически, так и цитологически, причем результаты совпали. Обычно второй диск может казаться как бы слегка раздвоенным, но повидимому не разделим сильнее при обычной цитологической методике. Гены, лежащие между разломами, обозначены в квадратных скобках.

Fig. 1. Diagram of extreme left end of *X* chromosome of *Drosophila*, showing points of breakage in region of the second ring. The brace indicates the section removed in each case. The breaks of y^4 and sc^{L8} were determined g netically, while all the others were determined both genetically and cytologically, the results agreeing. Normally the second ring may appear somewhat as if double, but does not appear further resolvable by ordinary cytological methods. Genes lying between the breaks are indicated in brackets.

словами три из разрывов произошли либо в точности в тех же местах, где и прежде изученные разрывы, либо столь близко к этим местам, что полная нехватка района, лежащего между двумя точками разрывов, не имела фенотипического эффекта, могущего быть обнаруженным. Однако другие разрывы были достаточно далеки друг от друга, так что нехватка района между любыми двумя из них вызывала резкий фенотипический эффект (летальный во всех случаях кроме одного). Поэтому становится вероятным вывод, что имеются лишь некоторые определенные точки, в которых хроматин обычно может быть разорван путем облучения, и что использованным здесь методом можно определить количество этих точек в вышеописанном районе. Отрезки вещества между двумя такими точками могут рассматриваться как „гены“ и, если это верно, расстояния между разрывами, изученными в эксперименте этого рода, оказываются одного

порядка с размерами отдельных генов. Таким образом, абсолютное число генов, находящихся в ограниченном районе, поддается определению путем продления эксперимента вплоть до достижения, на основании числа повторений, достаточной вероятности того, что каждая точка была представлена по крайней мере одним разрывом. Наши эксперименты с этой целью продолжаются, но уже в настоящее время ясно, что число генов в районе между двумя наиболее отдаленными из найденных в эксперименте разрывов является величиной того же порядка, как и число найденных таким образом отрезков и если превышает его то, вероятно, не многим более чем вдвое. В то же время не было получено данных, говорящих за то, чтобы ген, даже спорный ген scute, был делим в пределах своей структуры таким образом, чтобы было возможным продолжение существования обеих разделенных частей. Результаты таким образом показывают, что даже при достижимой в настоящее время дробности разделения гены расположены линейно, т. е. в одну нитку, поскольку все рекомбинации дают согласные друг с другом результаты, обнаруживая тот же самый порядок генов.

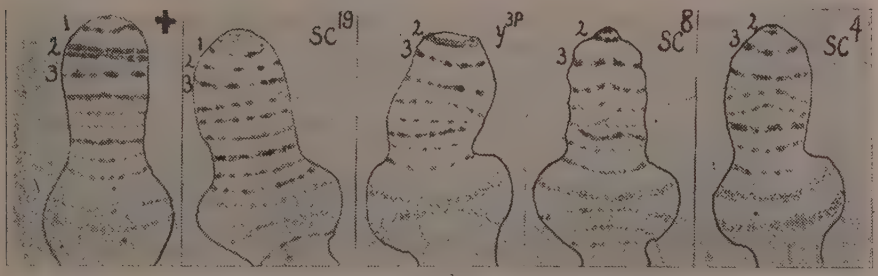
Вторая серия данных в пользу вывода, что расстояния между двумя из данных разрывов были одного порядка с величиной отдельных генов, вытекает из открытия того факта, что нехватка одного из районов между двумя соседними разрывами не имела летального фенотипического эффекта, но вызывала ряд замечательных видимых ненормальностей, совпадающих с ожидаемыми на основании ранее сделанных выводов о видимом эффекте, который должно было вызвать отсутствие как раз двух специфических генов (yellow и achaete), лежащих в данном районе. Здесь, таким образом, почти не остается сомнения в том, что два рассматриваемых разрыва были разделены расстоянием, соответствующим в точности двум генам.

Общее цитологическое протяжение всего изученного в данном эксперименте района было определено Прокофьевой путем изучения хромозом в слюнных железах. Она нашла, что весь район занимает лишь часть одного хроматинового кольца или узла (второго), видимого на этом материале. Вычисляя какую часть всего материала, представленного во всех хроматических кольцах, составляет данный район, мы можем, таким образом, наконец подойти к приблизительному определению числа генов в хроматине; оно оказывается порядка немногих тысяч. Это совпадает с некоторыми предшествовавшими вычислениями старшего автора (1916, 1919, 1922, 1926), употреблявшего совершенно иные методы. Разница в положении различных разрывов была также определена цитологически Прокофьевой; куски явно различной толщины отделялись от второго кольца в различных случаях генных перегруппировок. Относительное количество вещества, отделявшееся в каждом случае, соответствовало количеству, ожидаемому на основании генетических данных, как показано на схематической диаграмме данного района (свободный конец *X* хромозомы), здесь представленной. Даже разница в положении двух разрывов, которые были разделены расстоянием только в два гена, оказалась видимой, хотя и была почти на границе микроскопической видимости (будучи порядка 0.1 μ). Генетическая и цитологическая карты полностью совпали и оказались линейными.

Результаты таким образом показывают, что гены содержатся скорее в районах хроматических узлов (кольца или перевязи в хромозомах слюнных желез), чем в некрасящихся междуузловых районах, и что по крайней мере некоторые из этих узлов содержат гнезда генов, а не отдельные

гены. Так как кроссинговер, как известно, происходит между yellow и scute, которые оба находятся в одном изученном здесь гнезде, то ясно, что районы между узлами не должны обязательно совпадать с местами кроссинговера. До сих пор их функция остается необъясненной.

Согласно теории Кольцова, которую мы принимаем, узлы или кольца в хромозомах слюнных желез представляют собою хромомеры, поскольку целая хромозома в клетке слюнных желез является полым цилиндрическим пучком незавитых в спираль параллельно лежащих хромонем, образованных повторным делением и конъюгацией одиночных хромонем двух исходных гомологичных хромозом. При этом гомологичные хромомеры всех хромонем пучка ложатся бок о бок и производят впечатление колец или поперечной полосатости. Заменяя на этом основании в наших



Фиг. 2. Типичные цитологические картины, на основании которых составлена диаграмма, изображенная на фиг. 1. Следует в каждом случае сравнить второй диск с первым и третьим.

Fig. 2. A typical series of cytological observations of the cases on which Fig. 1 was based. Compare ring 2 with rings 1 and 3 in each case.

выводах термин „узлы" термином „хромомеры", мы видим, что хромомеры содержат целые группы или гнезда генов, отдельные члены которых отделимы друг от друга как путем разрывов, так и путем кроссинговера.

Гены одного гнезда способны образовывать путем соединения новые гнезда, так как были найдены случаи, в которых фрагмент, оторванный от одного узла (гнезда), прикреплялся в другом районе хроматина, непосредственно присоединяясь к части другого узла (гнезда), образуя таким образом новый сложный узел. Необходимо далее заметить, что этот процесс разрывов может происходить одновременно в двух различных точках в пределах одного и того же узла с выпадением маленького участка между точками двух разрывов и вставкой этого участка в другой район хроматина; это было определено как генетически, так и цитологически (случай scute[19]).

Мы видим, таким образом, что даже в том случае, когда немногие гены отделены от генов по обе стороны их окружающих, они могут существовать и размножаться в их новой среде и являются в этом смысле независимыми друг от друга.

Вышеизложенная работа указывает на потенциально-дискретный характер наследственного вещества, заключающийся в его делимости на определенные отрезки, способные к саморазмножению при любом новом расположении, а также устанавливает известный предел этой делимости. С другой стороны, изучение фенотипического эффекта подобных перераспределений дает веское доказательство того, что гены не являются дискретными с точки зрения определения ими признаков организма, так как соседние гены вступают в определенные взаимоотношения друг

с другом, в результате чего возникает генная система специфической структуры, и координированное действие ее необходимо для нормального развития соматических признаков организма.

Несколько лет тому назад Меллер нашел, что изменения в расположении генов обычно совпровождаются изменением фенотипического эффекта генов, лежащих близ точек перестройки, и предположил (1930), что общее объяснение этого явления может заключаться в местных влияниях соседних генов друг на друга, подобных описанным Стертевантом (1925) в специальном случае гена Bar. Но Меллер указал также (1930, 1932) и на возможность зависимости этого явления от мутаций или потери генов, происходящей одновременно с хромозомальным разрывом и вызванной той же причиной, что и этот последний. Добржанский и Стертевант показали позже (1932), что фенотипические изменения, сопровождающие разрывы, могут довольно регулярно наблюдаться благодаря ослабленной доминантности генов в небольших удвоениях. Дубинин недавно показал (1934), что в случае локуса cubitus interruptus в IV хромозоме, изменение расположения генов поблизости от него (транслокация) вызывает часто изменение в выражении первоначально нормального гена, которое заметно только как ослабление его доминантности. Так как изменения этого типа редко наблюдались до сих пор при генных мутациях (см. однако случаи подобные „nick“, Bridges, 1919 и „ebony 12“, Stern, 1926), он выдвинул их как доказательство того, что здесь не происходит обычной генной мутации, но что за наблюдаемый в данном случае эффект ответственны изменения в близлежащих генах. Как бы то ни было, мы получили в настоящей работе круциальные данные, приводящие к тому же выводу, но с другой стороны. Признак scute, характер которого столь различен в различных его аллелеморфах, обычно изменяется, если разрыв и перераспределение генов происходят близ локуса scute, причем в случае различных разрывов он изменяется самым различным образом. Если, однако, как это было в одном из случаев, наблюденных в настоящей работе, происходит практически то же самое перераспределение генов, мы находим, что оно вызывает и практически тот же самый фенотипический эффект (в случаях scute 4 и scute L8). Тот факт, что столь редкое явление, как вторичное возникновение фенотипически той же самой мутации scute, сопровождалось другим еще более редким явлением, — вторичным возникновением двойного разрыва в почти тех же самых двух местах, — является действительным доказательством зависимости природы фенотипического изменения в этом случае от природы перераспределения генов. Имея ввиду тот факт, что фенотипически различные изменения scute совпровождают различные перестройки вблизи этого локуса, а также то, что подобные явления наблюдаются и в других локусах, мы можем сделать широкий вывод, что вообще видимые мутации, сопровождающие разрывы, являются в действительности результатом изменения близлежащих генов (эффект положения). Кстати, большинство мутаций scute сопровождаются подобными перестройками, хотя точки, где эти последние происходят, лежат вне самого гена scute и могут быть отдалены от него на расстояние в несколько генов. Таким образом, фенотипические изменения в этом случае не являются результатом потери или мутации групп субгенов, как это было ранее предположено. Влияние генного окружения является несомненно результатом действия определенной системы, в которой некоторые гены играют в вызывании данного эффекта более важную роль, чем другие, благодаря чему их удаление и приближение других специфических генов оказывают определенное влияние

на данные признаки. Вообще, это влияние, хотя оно и действует через несколько генов, простирается ощутимо лишь на малые расстояния, затухая на больших. Можно заметить в связи с этим, что влияние положения на ген cubitus interruptus, которое мы также, следуя Дубинину, наблюдали, но на основании нашей работы (в противоположность Дубинину) считаем обычно ассоциированным с разрывом в IV хромозоме, повидимому простирается на расстояние значительно большее, чем один узел. Таким образом, мы не можем ограничивать действия эффекта положения одним узлом, хромомерой или гнездом генов, как имеет тенденцию сделать Бринк в своей довольно пророческой в других отношениях работе (1932).

Является ли эффект близости результатом прямого влияния одного гена на структуру или активность другого, или же влияния косвенного, зависящего от более интенсивного взаимодействия между локально более концентрированными продуктами активности генов по сравнению с взаимодействиями продуктов, образующихся в более отдаленных местах и потому более разбавленных или измененных, — сказать в настоящее время нельзя. Как бы то ни было, мы видим, что основа наследственной детерминации признаков организма не может быть полностью исчерпана простым перечислением отдельных генов, которые организм содержит; расположение этих генов также имеет значение. Другими словами, само распределение, по своему эффекту, — генной природы, и наследственное вещество является в этом смысле континуумом.

Работы с детальным описанием настоящих исследований и микрофотографиями находятся в печати.

Институт генетики
Академии Наук СССР.
Ленинград.

Поступило
4 X 1934.

GENETICS

CONTINUITY AND DISCONTINUITY OF THE HEREDITARY MATERIAL

By H. J. MULLER, Corresponding Member of the Academy, and A. PROKOFJEVA*

Granting that the genetic material is not set together in a mechanical fashion, but forms an organic system in which the interrelation of the 'units' is as important in its way as the inner composition of the latter (these two features being in fact mutually dependent), it is the task of genetics to attack in a concrete way the problems of the actual nature of this system, the manner in which it is built up of parts, and these of subparts, their visible cytology in relation to their functional genetic expression, how and to what degree these parts may be separated and the effects of such separation, and, conversely, the effects of the connexions that normally exist between them. One method of attack upon these problems lies in the possibility of producing breaks in the chromosomes by irradiation and in the subsequent analysis of the results. We have endeavoured

* Genetics by H. J. Muller, Cytology by A. Prokofjeva.

during the past year to determine, by analysis of a selected lot of breaks that had been so produced, to what extent the chromosome was sub-divisible by this means, and the consequences of such division. The results already throw some light upon the series of problems first mentioned.

Attention was concentrated upon a highly restricted region of the chromatin, in which as many cases of breakage as possible were analysed with reference to one another, in order to determine what limitations there might be in regard to the positions and manner of breakage. The basis for selection, i. e., the criterion that the break lay within the narrow limits desired, consisted in the phaenotypic effect, accompanying breakage, which was produced on one of the characters (scute, achaete, or yellow), affected by the region in question. The essence of the method of analysis consisted in making recombinations between the various cases of breakage, taken two at a time, with the resultant production of individuals containing the portion of the chromosome to the left of one of the two breaks, together with that to the right of the other break. If the first break was to the left of the second one, this recombinational individual would necessarily contain a deficiency for the region lying between the two breaks, and would hence tend to die or be abnormal, while the complementary recombinational individual (containing the portion of the chromosome to the left of the second break, and that to the right of the first break) would carry a duplication of the genetic material lying between the two points of breakage, a circumstance not nearly so upsetting to the soma. *Mutatis mutandis*, if the second break were to the left of the first, the reverse phaenotypic relations would be observed. If the two breaks were in identical positions or in positions so nearly identical that a deficiency of the region between them was without detectable effect on the soma, then neither of the complementary classes of recombinations would give the appearance of having a deficiency. In the actual working out of this method many complications arose, the details of which cannot be mentioned here; these depended on the fact that the breakages involved reattachment of the broken fragments at another point in the chromatin than before, and this was nearly always another point of breakage; thus deficiencies and duplications arose in the region of this other breakage as well, and had to be overcome in some way.

Thus far seven breaks in the region in question have benn analysed with reference to each other (and an eighth break has been analysed with reference to six of the former seven). Among these seven cases, only four perceptibly separate positions of breakage have been found. In other words, three of the breakages were either in exactly the same positions as previously studied breakages, or in so nearly the same position that a complete deficiency of the region between the two points of breakage was without detectable phaenotypic effect. Nevertheless, the other breakages were far enough apart, so that a deficiency of the region between any two of them was productive of a drastic phaenotypic effect (lethal in all cases but one). The conclusion therefore becomes probable that there are only certain definite points at which the chromatin may ordinarily be broken by irradiation, and that, by the methods here used, it is possible to discover the totality of these points within a region circumscribed in the way explained. The blocks of material between these points may be regarded as 'genes' and, if this is true, the distances apart of the breaks studied in an experiment of this kind are of the same order of magnitude as the individual genes, and thus the absolute number of genes contained within

the restricted region is determinable by prolonging the experiment until it has become probable, by reason of the number of recurrences, that each point has been represented by at least one breakage. The present experiments are being continued with this objective, but in the meantime it is evident that the number of the genes in the region between the two most distant breaks found in the experiment is at least of the same order of magnitude as the number of blocks thus far found, and probably not much more than twice that number. At the same time no evidence has appeared that a gene — even the mooted gene for scute — can be divided within the limits of its own structure, in such a way as to permit the continued life of both separated portions. The results also show that even at the present level of fineness of resolution, the genes are arranged in line, i. e., in single file, inasmuch as all the recombinations gave results consistent with one another in showing the same gene order.

A further line of evidence for the conclusion that the distances between the breaks in question were of the order of magnitude of individual genes emerged from the finding that one of the deficiencies of a region between two nearby breaks was not lethal in its phaenotypic effect, but produced conspicuous visible abnormalities corresponding to previous inferences regarding the visible effects which would be produced by absence of just two specific genes (those for yellow and achaete) lying in the region in question. Here then there is little doubt that the two breaks considered were separated by the space of just two genes.

The total cytological extent of the entire region studied in this experiment was determined by Prokofjeva through observations of the chromosomes in the salivary glands. She found that the whole region occupies only a portion, about $^3/_4$, of one chromatic ring or node (the second) as seen in this material. Estimating the proportion which the region in question forms of the total material present in all the chromatic rings, we can thus already arrive at a tentative approximation of the number of genes in the chromatin; it is of the order of a few thousand. This agrees with some previous estimates of the senior author (1916, 1919, 1922, 1926), using totally different methods. The differences in position of the different breaks were also discerned cytologically by Prokofjeva, pieces of obviously different thickness having been taken off the second ring in the different cases. The relative amount removed in each case corresponded with that to be expected on the basis of the genetic findings, as indicated in the schematic diagram herewith presented of the region in question (the free end of the *X* chromosome). Even the difference in position of the two breaks that were separated by the space of only two genes was visible, though nearly on the limit of microscopic resolution (being of the order of $^1/_{10}$ of a micron). Genetic and cytological maps agreed throughout, and were linear. Very thin rings are about the size thus found for one gene.

The results then show that it is the region of the chromatic nodes (rings or bands of the chromosomes of the salivary glands), rather than the region of the non-staining internodes, that contains the genes, and that some at least of these nodes contain clusters of genes rather than individual genes. Since crossing over is known to occur between yellow and scute, which are both in the cluster here studied, it is clear that the internodal regions are not to be identified with necessary positions of crossing over. As yet, their function remains unexplained. According to the theory of Koltzoff, which we accept, the nodes or rings of the salivary gland chromosomes represent chromomeres, inasmuch as an entire chromosome

in a salivary gland cell is a hollow cylindrical bundle of uncoiled and parallel-lying chromonemata, formed by the repeated division and conjugation of the single chromonemata in two original homologous chromosomes, and since homologous chromomeres of all the chromonemata of a bundle would lie apposed, they would give the appearance of rings or cross-striations. Transferring then our conclusions from terms of nodes to terms of chromomeres, we see that the chromomeres contain in some cases at least whole groups or clusters of genes, the individual members of which are separable from one another both by breakage and by crossing over.

The genes of a cluster are capable of forming new clusters by synthesis, for cases were found in which a fragment broken off from one node (cluster) became attached in another region of the chromatin in such a way as to become directly joined on to a portion of another node (cluster), to form a new compound node. It should further be noted that this process of breakage can occur simultaneously at two different points within the limits of the very same node, with the deletion of the tiny region between the two points of breakage and its insertion into another region of the chromatin; this has been determined both genetically and cytologically (case of scute 19). Thus we see that even though a few genes are removed from the associate genes on either side of them, they can still maintain themselves and reproduce in their new surroundings, and are in that sense independent of one another.

The above work indicates the potentially discontinuous character of the hereditary material, in that it is divisible into definite blocks capable of self-propagation in any new arrangement, and it also indicates that this divisibility has definite limits of size. On the other hand, studies of the phaenotypic effects produced in the presence of these rearrangements have brought us strong evidence that the genes are, from the point of view of their functions in determining the characters of the organism, not discontinuous, in that neighbouring genes enter into special relations with one another, with the resultant formation of a gene-system of a specific pattern, the joint functioning of which, as such, is necessary for the normal development and maintenance of the somatic characters.

Several years ago Muller had found that changes in gene arrangement were usually accompanied by changes in the phaenotypic effects of genes lying near the points of rearrangement, and suggested (1930) that the general explanation of this result might lie in localized influences between propinquitous genes, such as Sturtevant (1925) had demonstrated in the special case of the Bar gene, but, as Muller pointed out (1930, 1932), it was also conceivable that the results migth be due to mutations or losses of genes occurring concomitantly with and caused by the same disturbance as the chromosome breakage. Dobzhansky and Sturtevant later showed (1932) that phaenotypic changes accompanying breakage could be demonstrated rather regularly through the weakenings of dominance in cases of small duplications. Dubinin has recently shown (1934) that in the case of the locus of 'cubitus interruptus' in chromosome IV, when there is a change in the gene arrangement nearby (translocation), an alteration often occurs in the mode of expression of the originally normal gene, which is visible only as a weakening of dominance, and since this sort of change has not hitherto been encountered often among 'gene mutations' (see, however, such cases as those of 'nick' of Bridges, 1919, and of 'ebony 12' of Stern, 1926), he brings it forward as evidence that ordinary gene mutation has not occurred here, but that it is the change in gene propinquities

which is responsible for the effect observed. However that may be, we have now found in our present work crucial evidence from another direction for the same conclusion. The scute character, the pattern of which is usually so different in the case of different allelomorphs, is in general affected if a break and rearrangement occur near the scute locus, but it is affected in all sorts of different ways in the case of different rearrangements. When, however, as in one case observed in our present work, practically the same rearrangement recurs, we find that practically the same phaenotypic change also has been produced (cases of scute 4 and scute *L*8). That the very case of such a rare phenomenon — the recurrence of phaenotypically the same scute mutation — should be accompanied by this other still rarer phenomenon — the recurrence of a case of double breakage in almost the same two positions — is a virtual proof that the nature of the phaenotypic change was dependent upon the nature of the rearrangement. In view of the fact that different phaenotypic changes of scute accompany different rearrangements near this locus, and in view of the essentially similar phenomena observed at other loci, we may then arrive at the broad conclusion that, in general, apparent mutations accompanying breakage are really resultants of the change in gene propinquities (position effect). Some 'mutations' result from minute rearrangements.

Most scute mutations, be it noted, are accompanied by some rearrangement, although the point of rearrangement lies outside of the scute gene itself, and can be several genes removed from the latter, and therefore the phaenotypic changes in these cases are not results of the loss or mutation of groups of sub-genes, as had formerly been hypothecized. The influence of gene propinquities no doubt is exerted according to an orderly system, in which certain genes play more important roles than others in the production of given effects, so that their removal and the bringing near of other specific genes have definite effects on the characters in question. In general, the influence, although it reaches across several genes, extends perceptibly over only a small distance, fading out at larger distances. In this connexion in may be observed that the position effect on the cubitus interruptus gene, which we also, following Dubinin, have observed, but which on the basis of our own work we (unlike Dubinin) believe to be usually associated with a break in the fourth chromosome, probably extends over a distance of considerably more than one node. Thus we cannot identify the range of the position effect with the node, chromomere, or gene cluster, as an otherwise rather prophetic article of Brink in 1932 would lead us to do.

Whether the effect of propinquity is a direct one, of one gene on the structure or activity of the other one, or an indirect one, due to a higher degree of interaction between locally more concentrated products of gene activity than between more distantly produced and hence more diluted or changed products, cannot yet be stated. However that may be, we see that the basis of genetic determination of the characters of an organism cannot be stated completely by a mere listing of the individual genes which the organism contains; the arrangement of these genes also counts. In other words, this arrangement is itself, in effect, genic in nature, and the genetic material is in this sense a continuum.

Papers giving photomicrographs and details of this work are in press.

Institute of Genetics,
Academy of Sciences of the USSR.
Leningrad.

Received
4. X. 1934.

ГЕНЕТИКА

Г. А. ЛЕВИТСКИЙ, член-корреспондент Академии Наук СССР, и М. А. СИЗОВА

О ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ В ПРЕОБРАЗОВАНИЯХ ХРОМОЗОМ, ВЫЗЫВАЕМЫХ Х-ЛУЧАМИ

В предыдущей работе одного из нас(1) было установлено, что преобразования хромозом, вызываемые Х-лучами, в каждом отдельном конкретном их случае — как в отношении разрыва их тела, так и перемещения оторвавшейся части на другую хромозому — носят, вообще говоря, случайный характер. В дальнейшем, однако, возник вопрос, нет ли в этих явлениях некоторых закономерностей сводного характера, проявляющихся при статистическом исследовании массового материала, в виде определенных предпочтительных типов фрагментаций и транслокаций.

На том же классическом объекте *Crepis capillaris* нами было анализировано 116 случаев преобразований хромозом. Все они, распределенные по типам, с указанием частоты каждого, изображены на фиг. 1. В разделе I представлены случаи „отдачи", в II — „передвижки кинетической перетяжки" без изменения общей длины хромозомы*(2), в III — „получения", в IV — „разъединения плеч", в V — „инверсии", в VI — „ассоциации" с образованием хромозом с двумя кинетическими перетяжками. Закономерности, проявляющиеся в числах типов хромозомальных изменений, представлены наглядно на фиг. 2 и 3.

На фиг. 2 стрелками представлены направления „отдачи" и „получения" участков хромозом, цифры же на стрелках и у концов хромозом указывают на число соответственных случаев.

Из приведенных данных видно, что наиболее часто подвергаются отдаче две более длинные хромозомы *A* и *D*, но при этом — только в их длинных плечах. Последние при приблизительно равной длине дают и одинаковое число отдач. Более короткая хромозома *C* „отдает" гораздо реже. Прямой пропорциональности длине однако не оказывается, ибо хромозома *C*, будучи всего в $1^1/_2$ раза короче длинных плеч *A* и *D*, отдает почти в 5 раз реже. Это указывает на то, что частота отдачи определяется не только длиной соответствующего элемента, но и его особой специфичностью. Очень ясные закономерности представляются и в отношении „переноса", или „получения". Резко выделяются своей частотой два типа переносов: на наиболее короткое из длинных плеч (у хромозомы *C*) — 29 раз — и на наиболее длинное из коротких плеч (у хромозомы *A*) — 23 раза. Самые длинные два плеча (у хромозом *A* и *D*) получают всего 3 и 2 раза, а самые короткие два плеча (у хромозом *C* и *D*) — 0 и 1.

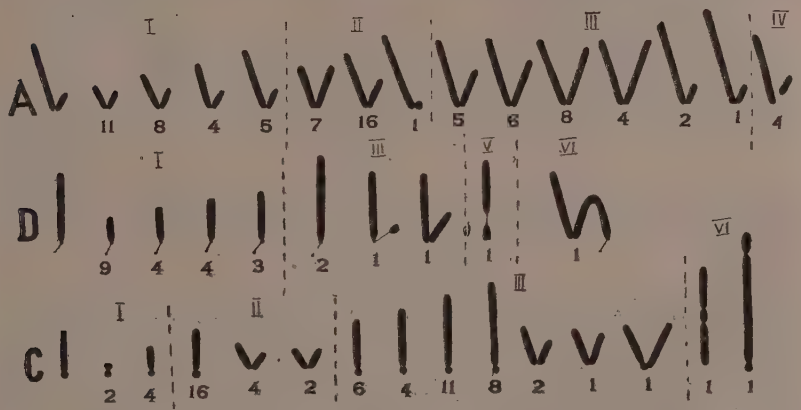
Наиболее простое объяснение описанным закономерностям заключается в такой предположительной картине „переноса": отделившиеся части хромозом устремляются в „проксимальном" направлении и „перехватываются" теми концами хромозом, которых они первыми встречают на своем пути, т. е. длинным плечом *C* и коротким *A*.

Для проверки такого объяснения были подсчитаны различные случаи расположения отдавшей и получивший хромозом (в стадии метафазы). При этом оказалось, что в 40 случаях они лежали рядом, в 19 — через одну, и всего в 3 — через две. Таким образом, оторвавшийся фрагмент

* Этого рода изменения могут представлять результат транслокаций и инверсий в пределах одной хромозомы.

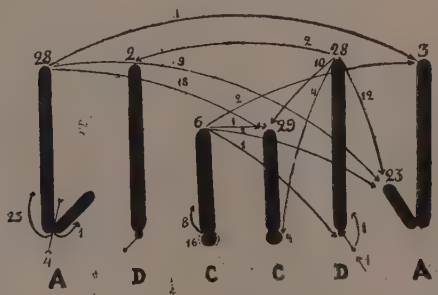
пристает большей частью к тому концу хромозомы, который находится поблизости.

Выше указывалось на наличность специфичности в „отдаче", или иначе в подверженности фрагментации для отдельных хромозом. Есте-

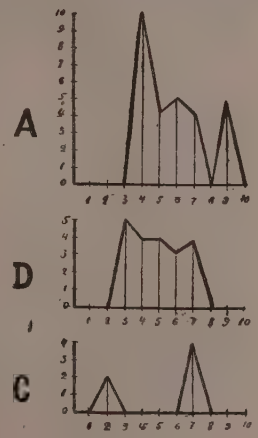


Фиг. 1.—Fig. 1.

ственно возникает вопрос о такой же специфичности и для отдельных участков хромозомы. Для разрешения этого были установлены (при помощи измерения) „места отрыва" во всех случаях укорочения хромозом (фиг. 1, I). Результаты представлены графически на фиг. 3. Здесь ось абсцисс соответствует протяжению длинного плеча хромозом, а черточки на ней и цифры — десяти ее равным участкам, начи-



Фиг. 2.—Fig. 2.



Фиг. 3.—Fig. 3.

ная от кинетической перетяжки. Цифры оси ординат представляют число случаев „отрыва" в определенных участках. Кривые изображают распределение частоты мест отрыва вдоль протяжения плеча. При одинаковой вероятности разрыва в любом месте хромозомы мы имели бы ломаную линию, расположенную в общем параллельно оси. Фактические же кривые фиг. 3 показывают, напротив, что отдельные зоны вовсе не

подвергались разрывам, а на остальном протяжении наблюдаются места максимальной частоты разрывов. Это указывает на определенную специфичность отдельных участков тела хромозом в отношении податливости к разрыву в результате влияния X-лучей.

Цитологическая лаборатория
Иститута растениеводства.
Ленинград.

Поступило
8 VII 1934.

GENETICS

ON REGULARITIES IN CHROMOSOME TRANSFORMATIONS INDUCED BY X-RAYS

By G. LEWITSKY, Corresponding Member of the Academy, and M. SIZOVA

In a previous paper of one of the authors (1) a statement was made that transformations of chromosomes induced by X-rays are — in every separate case — of an accidental nature, as concerns the parts affected. Further on a question arose as to the possibility of a statistical regularity in these phenomena — in the form of a preponderance of definite types of fragmentations and translocations.

Therefore we have investigated — on the same classical object, *Crepis capillaris*, — 116 instances of chromosome transformations. All these cases — classified into types with their frequency numbers — are pictured in Fig. 1. It represents the following types: I — 'donation', II 'constriction shifting'* (2), III 'reception', IV 'arm-dissociation', V — 'inversion', VI, 'chromosome association'.

Regularities in the frequencies of these types are represented diagrammaticaly in Fig. 2 and 3.

The arrows of Fig. 2 show the directions of 'donation' and 'reception' of chromosome parts, the numbers on the arrows and at the ends of chromosomes indicate the frequencies of the corresponding instances. The most common 'donors' are two long chlorosomes *A* and *D*, but only in their larger arms. The latter are equal in their lengths as well as in the frequency of donation. The short chromosome *C* 'donates' far more rarely. However, no direct proportionality exists between length and frequency of donation: the long arm of a *C* chromosome, although only $1^1/_2$ times shorter than the long *A* and *D* arms, donates about 5 times more rarely. This fact indicates that the frequency of donation is dependent not only on the length of the corresponding element but also on its specificity. Very clear regularities are seen as regards 'translocations' or 'receptions'. Two types of translocations are well marked: to the shortest amongst the longer arms (in chromosome *C*) — 29 cases, and to the longest amongst the shorter arms (in chromosome *A*) — 23 cases. The two longest arms (in chromosomes *A* and *D*) 'receive' only 3 and 2 times, the two shortest ones (chromosomes *C* and *D*) — 0 and 1.

* This type may represent inversions or translocations within the same chromosome.

The simplest explanation of the above regularities, consists in the following conjectural picture of a 'translocation'.

Detached parts of chromosomes rush in a 'proximal' direction and are seized by the chromosome ends they meet first on their way, i. e. by the long arm *C* and the short one *A*. For a check-up of such an explanation, different cases of the disposition of a 'donor' and a 'receptor' chromosome (in metaphase) were counted.

It has been found that in 40 instances the respective chromosomes are lying side by side, in 19 — they are separated by one intact chromosome, in 3 only — by two. It follows that a detached fragment becomes attached mostly to that chromosome end which happens to be in proximity.

It has been stated above that a certain specificity exists with regard to the liability of the separate chromosome types to fragmentation. Naturally the question arises as to the existence of the same specificity with regard to different parts of a chromosome.

For the solution of this question, the points of detachment were determined (by measurement) in all the cases of translocations (Fig. 1, I). The results obtained are represented in Fig. 3. The axis of abscissas corresponds here to the long arm of the respective chromosomes. The numbered cross lines thereon represent its 10 equal subdivisions, beginning from the kinetic constriction. The figures of the axis of ordinates indicate the numbers of fragmentation instances in the separate subdivisions of a chromosome arm. The curves characterize the distribution of their frequencies along the arm. In case of an equal probability of a break in any part of a chromosome, we should have a broken line more or less parallel to the axis of abscissas. The curves of Fig. 3 show, on the contrary, that several zones have not been at all subjected to fragmentation, while the others are characterized by pronounced frequency maxima. These facts prove a certain specificity of separate regions of the chromosome body in respect of their liability to fragmentation under the influence of X-rays.

Cytological Laboratory
of the Institute of Plant Industry.
Leningrad.

Received
8. VII. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

[1] Г. А. Левитский и А. Г. Араратян. Тр. по прикл. бот., ген. и сел., т. XXVII, вып. I, 1931. G. Lewitsky and A. Araratian. Bull. of Applied Botany, Genetics, and Plant-Breeding, v. XXVII, No 1, 1931. [2] Г. А. Левитский, Е. М. Шепелева и Н. Н. Титова. Социал. растениеводство, № 11, 1934. G. Lewitsky, H. Shepeleva, and N. Titova. Plant Industry, No 11, 1934.

ГЕНЕТИКА

Р. Л. ДОЗОРЦЕВА

ИСКУССТВЕННОЕ ПОЛУЧЕНИЕ МУТАЦИЙ У НАЕЗДНИКА *PTEROMALUS PUPARUM* E. ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЛУЧЕЙ РАДИЯ

(*Представлено академиком ВУАН А. А. Сапегиным 3 VIII 1934*)

В настоящем сообщении излагаются предварительные данные опытов по искусственному получению мутаций под воздействием лучей радия у нового лабораторного объекта наездника *Pteromalus puparum*, паразитирующего в куколках капустницы.

Опыты проводились в Институте генетики Академии Наук в течение 1933 г. и в начале 1934 г. и имели своей целью (в комплексе с другими аналогичными работами, проводившимися в том же институте) сравнительное изучение генетического действия различных реагентов на различные объекты.

Этот наездник легко разводится в лабораторных условиях, давая в год в среднем 24—25 поколений. Взрослые наездники питаются сладкими соками (мед, сахарный сироп), развитие же от яйца до вылета imago происходит в куколках капустницы. Последние без особого труда могут быть заготовлены впрок в необходимом количестве; таким образом техника разведения очень проста и доступна. Особенно удобным специально для целей искусственного получения мутаций делает новый объект то обстоятельство, что самцы этого вида, как это свойственно вообще *Hymenoptera*, имеют гаплоидный набор хромозом (в соматических тканях), что позволяет легко выявить и учесть любое изменение генотипа.

Нами совместно с А. П. Гуль цитологически было установлено, что самцы *Pteromalus puparum* являются гаплоидными, а самки диплоидными а именно, первые имеют в соматических клетках 5 хромозом ($n = 5$), последние 10 ($2n = 10$). Неоплодотворенные самки откладывают яйца, которые, развиваясь партеногенетически, дают самцов, в то время как самки получаются только из оплодотворенных яиц.

Материал и методика

Культура *Pteromalus puparum* E. (дикая природная форма) была получена от проф. П. В. Зорина, которому мы обязаны также ценными указаниями и советами по биологии наездника и методике его разведения. Объект содержался в стеклянных цилиндрах, обычно употребляемых при разведении дрозофилы, в термостате при температуре 24—25°. Стенки стаканов смазывались медом или сладким сахарным сиропом, служившим кормом для насекомых. Для откладывания яиц к самкам в стаканчики подкладывались куколки капустных белянок. Каждая облученная самка содержалась индивидуально; к ней подкладывались поочередно четыре куколки — по одной через каждые два дня. Куколки капустниц заготовлялись осенью из яиц, собранных в природе.

Опыты были начаты с материалом, предварительно инбридированным в течение 8 поколений. Облучались девственные самки 1—2-дневного возраста, а также 4—6-дневные личинки, но последние при применявшихся дозировках оказывались полностью стерильными.

Результаты опытов

При самых сильных дозировках от облученных самок получается крайне незначительный вылет самцов (в среднем 0.31 — 2.4 на 1 самку), при более слабых дозировках вылет потомства заметно возрастает, но ни в одном случае не достигает цифры, характерной для контроля. В среднем каждая облученная самка дала в потомстве 26.4 сыновей, в контроле—146.7.

Из анализа данных видны те причины, которые приводят к сниженной плодовитости самок при облучении радием. По всем опытам вместе

Таблица 1 — Table 1

Данные опытов с радием (облучение девственных самок)
The effect of radium irradiation on the virgin females

№№ опытов Nos of Experiments	Дозировки Dosages applied			Возраст при облучении в днях Age of the irradiated females in days	Число облученных самок Number of females irradiated	Число вылет. самцов Number of the males in the progeny that have survived		Число видимых изменений The frequency of the variations produced	
	Количество в мг Quantity of the preparation in mg	Расстояние в см Distance in cm	Экспозиция в часах Duration of exposure in hours			Всего Total number	На 1 самку Average per one female	Абсолютное число Number of the affected individuals	В % Perceentage to the total
1	103	6.5	$6^1/_2$	2	54	1659	30.6	1	0.063
2	131	6	$6^1/_2$	1	32	515	16.1	2	0.388
3	160	3	$8^1/_4$	1	64	3962	62.0	6	0.152
4	163	3	10	1	40	274	6.85	5	1.82
5	166	4	6	1	36	624	17.4	6	0.960
6	166	5	6	1	71	2458	34.6	10	0.407
7	166	3	9	2	23	55	2.4	5	9.10
8	266	3	10	2	42	13	0.31	6	46.10
		Всего . . . . . The total and the average for the irradiated lots			362	9560 (всего — total)	26.4 (среднее — average)	4 (среднее — average)	0.430 (среднее — average)
		1—8 контроль . . . . . The total and the average for control lots No 1—8			180	26419 (всего — total)	146.7 (среднее — average)	8 (всего — total)	0.021 (среднее — average)

от общего числа куколок белянки, подставленных облученным самкам, в среднем 7.75% остались незараженными, в то время как в контроле случаев незаражения самкой наездника подставляемых куколок капустниц не наблюдалось вовсе; этот факт с несомненностью говорит за то, что лучи радия в применявшихся дозировках убивают значительный процент половых клеток (стерилизуют самок). Стерилизующее действие лучей радия в особенности возрастает при более сильных дозировках (в опытах 7 и 8: 15.2% и 27.4%). Значительный процент — почти $^1/_5$ подставленных куколок (19.5%) — оказались мертвыми, но совершенно пустыми: очевидно, в этих куколках шло развитие яйца и личинок наездника, но последние погибли на ранних стадиях, почему трупов личинок к моменту ожидаемого вылета наездников в этих куколках не удалось обнаружить. Из подсчета числа погибающих в куколке капустницы личинок, куколок и взрослых наездников в опыте и контроле видно, что, в то время как в контрольных условиях гибнут лишь единицы, в опытах радиации в момент вылета наблюдается большое количество летальных личинок, куколок и imago. Особого внимания заслуживает тот факт, что в опытной серии, в отличие от контрольной, летальные личинки к моменту массового вылета наездников оказываются еще живыми, но самое интересное то, что они способны жить после этого еще 2—3 месяца, однако в конце концов погибают, не окукляясь. Какие причины непосредственно приводят к задержке развития личинок, нам еще не удалось установить; здесь требуется дальнейшее специальное изучение.

Из приведенных данных следует, что понижение плодовитости облученных самок зависит не только от частичной или полной стерилизации самок, но также от летальности большого количества развивающихся зародышей, причем гибель последних может иметь место на различных стадиях развития (ранняя личинка, взрослая личинка, куколка, imago). Таким образом, лучи радия, аналогично лучам рентгеновским, вызывают у наездника значительный процент летальных изменений (мутаций). Характерно, что количество последних также стоит в прямой зависимости от величины дозы лучей радия. Процент видимых изменений в опытах (0.43) в 20 раз выше, чем в контроле (0.021). При этом все изменения, полученные в контроле, а именно: 3 крыловых изменения, 2 случая неправильных антенн и 3 случая укороченных ног, скорее следует считать за ненаследственные изменения, вызванные ненормальностями при развитии, в то время как подавляющее большинство изменений в потомстве облученных самок, с достаточным основанием можно считать мутациями, хотя и не всех их удалось в точности проверить, из-за стерильности. Список полученных в опытах с радием видимых изменений приводится в табл. 2.

Таблица 2

Список видимых изменений, полученных при опытах с радием

Белые глаза	1	Другие изменения крыльев	8
Красные глаза	9	Полосковидные глаза (симметр.)	1
Розовые глаза	2	Отсутствие глаз	1
Красные глазки	2	Уродство головы	1
Лиловый цвет тела	5	Уродство антенн	3
Темно-зеленый цвет тела	1	Укороченные конечности	4
Вырезка на крыльях	1	Гинандроморфы	2

41

Большинство полученных изменений, сходно с полученными у этого же объекта в опытах с рентгеновскими лучами (А. П. Гуль, см. стр. 95). Было получено потомство от двух красноглазых самцов и одного самца с видоизмененным лиловым цветом тела; во всех трех случаях изменения оказались наследственными. Мы склонны рассматривать и часть непроверенных видимых изменений как настоящие мутации: таковыми, по нашему мнению, являются белые глаза, розовые глаза, красные глазки, темнозеленый цвет тела, симметричные двухсторонние вырезки на крыльях, полосковидные глаза, укороченные ножки, гинандроморфы. Различные уродства антенн, головы и ряд крыловых изменений, более вероятно, фенотипические изменения. Нельзя не отметить также бросающуюся в глаза зависимость между величиной дозы лучей радия и процентом появляющихся изменений (табл. 1): в опыте 8 при самой высокой дозировке было получено всего только 13 взрослых самцов наездников, из которых 6 оказались измененными. Точно также процент изменений повышен заметно в опыте 7. Резюмируя данные опытов с радием, мы можем сказать, что β- и γ-лучи, точно так же как и рентгеновские (X-) лучи, вызывают у нового лабораторного объекта *Pteromalus puparum* наследственные изменения (мутации), как видимые, так и летальные. В характере действия обоих реагентов наблюдается большое сходство, как в отношении возникающих морфологических изменений, так и в отношении их стерилизующего действия на изучаемый объект.

Настоящая работа проведена под руководством Я. Я. Лус, которому пользуюсь случаем выразить благодарность за помощь и критику в процессе работы.

Выводы

1. Для изучения проблемы искусственного получения мутаций был введен в культуру новый лабораторный объект, наездник *Pteromalus puparum*, паразитирующий в куколках капустной белянки. Быстрота размножаемости, легкость разведения и наличие гаплоидности у самцов, делает его весьма удобным для данных целей.

2. При воздействии β- и γ-лучами радия удается повысить мутационный процесс у нового объекта. Большинство возникающих видимых изменений в случае рентгенизации и радиации сходны.

3. Применявшиеся дозировки вызывают значительную стерильность облученных самок и их потомства. Молодые половые клетки стерилизуются легче, нежели более зрелые.

4. Лучи радия вызывают у *Pteromalus puparum* большой процент летальных изменений: летальное действие сказывается на стадии личинки, куколки и при вылуплении взрослых наездников. Характерна сильная задержка развития личинок, физиологическая причина которой еще не установлена.

Институт генетики
Академии Наук СССР.
Ленинград.

Поступило
3 VIII 1934.

ARTIFICIAL MUTATIONS IN *PTEROMALUS PUPARUM* INDUCED BY RADIUM IRRADIATION

By R. DOZORCEVA

(*Communicated by A. Sapehin, Member of the Ukrainian Academy, 3. VIII. 1934*)

This communication contains the preliminary results of the experiments with mutations produced by radium irradiation in the parasitic wasp *Pteromalus puparum*, an endoparasite of the pupae of the cabbage butterfly *Pieris brassicae*, a new animal object that has but recently been introduced into the laboratory practice.

The experiments were carried out during the year 1933 and the beginning of the year 1934.

The purpose of this investigation was (in accordance with other similar investigations that are carried out at the Institute of Genetics) to make a comparative study of the effect of different mutation-producing agents upon different objects.

The breeding methods of *Pteromalus puparum* are easy and simple, and in the laboratory conditions one may obtain from 24 to 25 generations during one year.

The adult insects are fed with sweet juices (honey, sugar syrup), while the development of the larvae takes place in the pupae of *Pieris brassicae*.

These pupae may easily be supplied beforehand in sufficient quantities. Besides the easy breeding methods, *Pteromalus puparum* is an especially valuable object for the study of the induced mutations for the reason that its males, as it is usual in *Hymenoptera*, have the haploid chromosome number in the cells of their somatic tissues. This enables to detect any visible alteration in the genotype at once.

Our cytological studies (see R. Dozorceva and A. Ghul, C. R. Acad. Sci. URSS, 1933, v. III, No 7) have proved the haploidy of the males and the diploidy of the females. The haploid chromosome number in *Pteromalus puparum* is five ($n = 5$), the diploid number is ten ($2n = 10$). The unfertilized females lay eggs, which develop parthenogenetically and give rise one to males only, while females develop from the fertilized eggs.

Material and Methods

The wild type of *Pteromalus puparum* stock was obtained from prof. P. Zorin, who also gave us useful information and advice concerning the biology of the *Pteromalus puparum* and the breeding methods.

The insect was bred in ordinary glass vials, in a thermostat at temperatures of 24 to 25° C. The food used for the adult insects was honey or sweet sugar syrup. The eggs were laid on the *Pieris brassicae* pupae, which were placed into the vials with females. Each female irradiated was kept individually and was supplied with 4 pupae of *Pieris brassicae* that were placed into the vials in turn at two days intervals. Each pupa was left in the vial for two days. The *Pieris brassicae* pupae were reared from the eggs gathered in nature at the beginning of the autumn.

The homozygous material for the experiments was obtained by means of close inbreeding, continued during eight generations.

In the experiments the virgin females were irradiated as well as the larvae at the age of 4 to 6 days, but the latter proved to be completely sterilized at all the dosages used.

The Results of the Experiments

The greatest of the dosages used resulted in a very small number of males in the progeny of the irradiated females (average numbers of sons per one irradiated female being 0.31—2.4).

When weaker dosages were applied, the progeny was more numerous, but in no experiment was it so numerous as in the control lots.

The average number of males in the progeny per one irradiated female (calculated for all the experimental lots) was 26.4, while in the control lots one female had on an average 146.7 sons.

The analysis of the data obtained makes obvious the factors causing the reduced fecundity of the irradiated females.

In the irradiated lots a number of the *Pieris brassicae* pupae, 7.75% on an average (calculated for all the experimental lots taken together), remained uninfected, while in the control lots no uninfected pupae of *Pieris brassicae* were found. There is no doubt that the radium rays in the dosages used kill a high percentage of the germ-cells (sterilize the females).

The sterilizing effect is the stronger the greater the dosage used (in the experiments 7 and 8, 15.2% and 27.4% respectively of the *Pieris brassicae* pupae remained uninfected).

A considerable number of the *Pieris brassicae* pupae (about one fifth of the total number — 19.5%) were found dead, but empty. Evidently in those pupae the development of the eggs and the larvae of *Pteromalus* did take place, but the larvae had probably died at very early stages, so that when the time elasped, no dead larvae were to be found in those pupae. The respective numbers of the larvae, the pupae, and the adults of *Pteromalus* that have died within the pupae of *Pieris brassicae* are large in the irradiated lots, while in the control lots such lethal cases are but an exception. It is a noteworthy fact that in the experimental lots, unlike the control ones, these larvae were found still living; it is also a matter of great interest, and perhaps the most striking fact, that these larvae survived for two or three months, but finally died before having attained the pupation stage. It is probable that all these facts are due to the appearance of lethal mutations that kill the developing embryos at different stages, although the immediate causes of disturbances in development and of deaths have not been studied and will be the object of further investigations.

Thus the results obtained up to the present moment, showed that the low fecundity of the irradiated females was due not only to their partial sterilization but also to the high death-rate in the progeny amongst the developing embroys that were dying at different stages (young and old larvae, pupae, adults). A probable conclusion can therefore be made that radium irradiation produces in *Pteromalus* a considerable amount of lethal mutations similar to those produced by X-rays.

These mutations become more numerous with the increase of irradiation dosages, as in the case of the X-rays treatment.

Table 1 (p. 89) shows the number of visible alterations that have appeared in the irradiated and in the control lots. The frequency of these new characters in the irradiated lots (0.43%) is twenty times as high as in the control lots (0.021%).

Besides, all the variations in the control lots (which were as follows: 3 cases of abnormal wings, 2 cases of defects in the antennae and 3 cases of shortened legs) should be considered as non-hereditary abnormalities caused by some disturbances in the development, while the new characters

Table 2

The characters that have appeared in the progeny of the irradiated females

White eyes	1	Other wing variations	8
Red eyes	9	Bar-shaped eyes (symmetrical)	1
Pink eyes	2	Absence of eyes (eyeless)	1
Red ocelli	2	Abnormal head	1
Violet body colour	5	Abnormal antennae	3
Dark green body colour	1	Shortened legs	4
Notched wings	1	Gynandromorphs	2
		Total	41

that have appeared in the progeny of the irradiated females, are probably in great majority true mutations, although some of them could not have been tested, owing to the sterility of the individuals affected.

A list of visible variations obtained in the experiments with radium irradiation is shown in Table 2 (p. 93).

Most of these characters are similar to those obtained in our laboratory by A. Ghul in experiments with X-rays (see p. 99) The progeny was obtained from two of the red-eyed males and from one male with violet body colour. These characters were inherited. A number of characters that could not have been tested owing to the sterility of the individuals affected should nevertheless be considered as true mutations. I regard as true mutations the following characters: white eyes, pink eyes, red ocelli, dark-green body colour, symmetrical notched wings on both sides, shortened legs, gynaudromorphs. Defects and abnormalities of the head, of the antennae, and some of the wing abnormalities should in my opinion be regarded as non-hereditary phaenotypical modifications.

Worthy of notice is the striking dependency of the frequency of the variations observed upon the irradiation dosages used (see Table 1). In the eighth experiments only thirteen males have survived in the progeny and about one half (6) of them were affected. In the seventh experiment this frequency is also very high.

The experiments described in this preliminary report show that radium irradiation (β- and γ-rays) is a mutation-producing agent, whose effect upon the new animal object — *Pteromalus puparum* — is similar to the effect of X-rays. It induces both visible and lethal mutations. Besides the character of the abnormalities produced by both agents, radium and X-rays are similar with respect to their sterilizing effect upon the germ-cells.

This investigation was carried out under the supervision of J. Lus, to whom I am much indebted for his help, valuable suggestions, and critisism throughout the experiments.

Summary

1) For the extensive study of the mutational problem a new animal object (*Pteromalus puparum*, a parasitic wasp, endoparasite of *Pieris brassicae* pupae) was introduced into laboratory practice.

Its high rate of reproduction, easy laboratory breeding methods, and the haploidy of the males make it a very valuable object for this purpose.

2) The radium irradiation (β- and γ-rays) was found to intensify the mutation process in this insect. Most of the visible mutations obtained are similar to those induced by X-rays.

3) The dosages used cause a significant sterility in the irradiated females and in their progeny. The young germ-cells are sterilized to a greater extent as compared to the mature cells.

4) The radium (β- and γ-) rays induce in *Pteromalus puparum* a great amount of lethal mutations that kill the larvae, the pupae, and the adults immediately or soon after their emergence.

In addition, the effect of retardation of development, caused by the radium treatment, should also be mentioned. The physiological factors causing it have not yet been studied.

Institute of Genetics,
Academy of Sciences of the USSR.
Leningrad.

Received
3. VIII. 1934.

А. П. ГУЛЬ

ИСКУССТВЕННЫЕ МУТАЦИИ У НАЕЗДНИКА *PTEROMALUS PUPARUM*, ПОЛУЧЕННЫЕ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ Х-ЛУЧЕЙ

(*Представлено академиком ВУАН А. А. Сапегиным 3 VIII 1934*)

Широкая постановка проблемы мутаций в Институте генетики АН нашла свое выражение не только во всестороннем изучении этого процесса на таких генетически хорошо изученных объектах, как *Drosophila*, но и в привлечении новых объектов для исследования.

По инициативе Я. Я. Лус и под его руководством, весной 1933 г. мною была начата работа по искусственному получению мутаций у наездника *Pteromalus puparum* под воздействием Х-лучей.

Это насекомое, интересное по своей биологии, является удобным объектом для генетических исследований, благодаря быстроте размножения и легкости разведения.

Неоплодотворенные самки откладывают яйца, развивающиеся партеногенетически, давая только самцов; последние имеют редуцированный гаплоидный набор хромозом. Из оплодотворенных же яиц вылетают самки с диплоидным числом хромозом. В этом отношении наездник является типичным представителем своего отряда (*Hymenoptera*).

Приступая к опытам, было произведено цитологическое исследование нового объекта. Фиксируя половые гонады и соматические ткани по методу Левитского и Навашина, нами, совместно с Р. Л. Дозорцевой, было установлено, что самцы *Pteromalus puparum* в действительности являются гаплоидными, самки же — диплоидными. Как в клетках гонады, так и в соматических клетках у самцов имеется одинаковое число хромозом (n=5), в то время как в соматических тканях самки установлено число хромозом $2n$=10.

Материал и методика

Объект содержался в стеклянных цилиндрах в термостате, при температуре 24—25°. Кормом для взрослых наездников служил мед или сладкий сахарный сироп, которым смазывались стенки стаканчика. Для откладывания яиц в стаканчики с самками подкладывались куколки капустной белянки (*Pieris brassicae*).

Для опыта путем тесного гибридинга, доведенного до 8-го поколения, была выведена линия.

Фактором воздействия для целей искусственного получения мутаций служили лучи Рентгена.

Рентгенизация наездников проводилась в Рентгеновском кабинете Палаты мер и весов при следующих условиях: трубка Кулиджа, напряжение 50 kV, сила тока 4 mA, алюминиевый фильтр толщиной в 1 мм, расстояние 20—22 см. Применялись следующие дозы Х-лучей (в переводе на рентгеновские единицы r):

	Экспозиция	Рентгеновские единицы
a)	89 мин.	4500
b)	82 „	4000
c)	70 „	3500

Облучению подвергались: I) взрослые девственные самки на 2-й день после вылета их из куколки хозяина и II) куколки наездника в возрасте 1—3 дней, т. е. фактически куколки белянок с заключенными в них куколками наездника указанного возраста. Кроме того, в целях установления чувствительного периода действия рентгеновских лучей было облучено еще небольшое количество куколок белянок с личинками наездников в возрасте 4 дней: однако последняя серия опытов дала почти полную стерильность облученных самок (от 74—100%), и поэтому в дальнейших таблицах они не приводятся.

Результаты облучения

Все три применявшиеся дозировки рентгеновских лучей значительно понижают плодовитость облученных самок. Как видно из приводимых ниже данных табл. 1, в серии I опытов (облучение imagines) на одну облученную самку было получено в среднем 33 самца; в серии II — 14.4; в обеих сериях вместе — 20. В то же время в контроле каждая самка в среднем дала 66 сыновей. Понижение плодовитости облученных наездников обусловливается частичной стерилизацией самок вследствие разрушения половых клеток (гамет), причем, повидимому, наиболее сильно страдают клетки на ранних стадиях развития (что следует из сопоставления действия лучей на стадии личинки и куколки), гибелью значительного процента личинок, куколок и только что вылупившихся imagines до вылета их из куколки белянки. Чрезвычайно характерно появление летального действия лучей Рентгена на развивающихся зародышах: к моменту вылета наездников, в куколке белянки, наряду с некоторым количеством мертвых куколок и imagines наездника, имеется еще значительный процент живых личинок; последние живут после этого еще несколько месяцев, но в конце концов погибают, не будучи в состоянии довести развитие до конца.

Жизнеспособность наездников, вылупившихся из яиц от облученных самок, также заметно понижена, в особенности при более высоких дозировках. Так, например, измененные самцы, полученные при дозировке 4500 r, обычно выживали не более 3 дней; приблизительно то же имело место при дозировке 4000 r; при самой низкой из применяемых дозировок, равной 3500 r, измененные самцы в среднем жили 10—15 дней. Потомство же от необлученных самок (контроль) при тех же условиях, как правило, живет месяцами; неизмененные самцы из опытов, к сожалению, не сохранялись. Наряду с пониженной жизнеспособностью, среди измененных самцов наблюдается также большая стерильность. Благодаря последнему обстоятельству, в большинстве случаев появления тех или иных изменений в результате рентгенизации, не удавалось проверить в точности характер вызванных изменений.

В табл. 1 приведены результаты опытов по рентгенизации наездника, а также контрольные данные. Как видно из этой таблицы, процент видимых изменений в потомстве облученных самок в 30 раз больше, чем в контроле.

В контроле были получены следующие изменения:

Темные ножки	1
Уменьшенные глаза	1
Укороченные антенны	2
Измененные крылья	3

Измененные самцы из контроля остались непроверенными по причине их стерильности. Однако в данном случае изменения, за исключением темных ножек, вероятно, не являются наследственными (мутациями), а скорее всего вызваны нарушениями процессов развития (морфозы). Такие же изменения получались и в опытах, но наряду с ними здесь были получены такие изменения, наследственный характер которых в ряде случаев был доказан путем дальнейшего изучения потомства; для ряда других изменений, которые не удалось проверить по потомству,

Таблица 1 — Table 1

Данные опытов рентгенизации. The results of X-rays treatment

Серия Series	№№ опытов Nos of experiments	Дозировка Dosages used r	Возраст при облучении в днях Age of irradiated individuals in days	Число обл. девств ♀♀ Number of individuals irradiated	Число вылет. ♂♂ в потомстве Number of males in the progeny	Число видимых изменений Frequency of visible variations	
						Абс. число Number of affected individuals	%
Серия I. Series I							
Облучение девственных ♀♀ imagines. Irradiation of adult virgin females	1	4500	1	8	287	6	
	2	4000	1	30	1092	8	
	3	4000	1	8	229	—	
	4	4000	1	7	239	1	
	5	3500	1	10	545	2	
	6	3500	1	7	166	8	
	7	3500	1	21	1055	4	
	14	3500	1	22	118	—	
Всего в серии I. . . The total for series I	—	—	—	113	3731	29	0.776
Серия II. Series II							
Облучение куколок . . . . . Irradiation of pupae	8	4000	1	20	35	—	
	9	3500	3	25	1078	5	
	10	3500	2	45	1306	7	
	11	3500	3	39	124	4	
	12	3500	3	39	255	5	
	13	3500	3	99	1047	9	
Всего в серии II . . . The total for series II	—	—	—	267	3845	30	0.786
Всего в сериях I и II . . The total for both series	—	—	—	380	7576	59	0.780
Контроль (№№ 1—14) . . . . . The total for the control lots (Nos 1—14)	—	—	—	300	25174	7	0.026

наследственный характер их все же весьма вероятен. В табл. 2 приводится перечень полученных в опытах видимых изменений у *Pteromalus puparum* с указанием частоты появления каждого из них.

Таблица 2

Список видимых изменений, полученных после рентгенизации

Белые глаза	3	Полосковидный глаз на одной стороне	2
Красные глаза	6	Раздвоение глаза	2
Розовые глаза	1	Неправильные фасетки	2
Лиловый цвет тела (ослабл. окраска брюшка	4	Отсутствие глаз (уродство глаз)	2
Темные ножки	11	Уродства антенн (раздвоенные, укороченные и т. д., обычно на одной стороне)	3
Растопыренные крылья (чайка)	1	Гинандроморфы	2
Другие изменения крыльев	17		
Полосковидные глаза	1	Всего	59

Каждый из измененных самцов скрещивался с 5—10 девственными самками, но последние в большинстве случает оставались неоплодотворенными, и поэтому наследственный характер измененных самцов не всегда удавалось проверить. Наследственная природа подобных изменений путем скрещивания была с несомненностью установлена в следующих случаях: красные глаза (проверены 3 ♂♂), лиловый цвет тела (2 экз.), темные лапки (5 экз.) и „чайковидные“ крылья (1 экз). Вряд ли может быть сомнение в том, что и такие изменения, как белые и розовые глаза не являются настоящими мутациями. Что же касается других изменений, то среди них значительную часть скорее следует рассматривать как простые морфозы, а не мутации.

Данная работа проведена в Институте АН в 1933—1934 гг. под руководством Я. Я. Лус; за указания и помощь в работе считаю своим долгом выразить ему искреннюю благодарность.

Выводы

1. Для изучения проблемы искуственного получения мутаций был введен в культуру новый лабораторный объект — наездник *Ptoromalus puparum*, паразитирующий в куколках капустной белянки. Быстрота размножаемости, легкость разведения и наличие гаплоидности у самцов, делают наездника весьма удобным для данных целей.

2. При воздействии Х-лучами на однодневных девственных самок и на куколок наездника в возрасте 1—3 дней — получен целый ряд видимых мутационных изменений.

3. Применявшиеся в опытах дозировки (3500—4500) вызывают значительную стерильность облученных самок и их потомства. Молодые половые клетки подвергаются стерилизующему влиянию Х-лучей значительно легче, нежели более зрелые.

4. Лучи Рентгена вызывают у *Pteromalus puparum* большой процент летальных изменений; летальное действие проявляется на стадии личинки, куколки и при вылуплении взрослых наездников. Характерна сильная задержка развития личинок, физиологическая причина которой еще не установлена.

Институт генетики
Академии Наук СССР.
Ленинград.

Поступило
3 VIII 1934.

MUTATIONS PRODUCED BY X-RAYS IN THE PARASITIC WASP *PTEROMALUS PUPARUM*

By A. GUHL

(Communicated by A. Sapehin, Member of the Ukrainian Academy, 3. VIII. 1934)

The wide range of investigations into the problem of mutation, carried out at the Institute of Genetics of the Academy of Sciences, required not only a thorough study of all the phenomena of the mutation process in genetically well studied objects such as *Drosophila*, but also involved new objects for investigations.

The investigation concerning the mutations in *Pteromalus puparum* produced by X-rays was started in the spring of 1933 at the suggestion of J. Lus and was carried out under his supervision.

Pteromalus puparum is an insect very interesting from the point of view of its biological features. Its high rate of reproduction and easy laboratory breeding make it a very valuable object for genetic investigations. The haploidy of the males enables one to detect at once any alteration in the genotype.

The unfertilized eggs develop parthenogenetically and produce males. All the males have a reduced (haploid)chromosome set.

Fertilized eggs develop into females having the diploid chromosome number.

These cytological features of the germ-cell cycle are typical for the entire order of *Hymenoptera*.

Since no information could be found in the literature concerning the chromosome number of this species, we had to make a thorough cytological study of the new object before the experiments. This study (in collaboration with R. Dozorceva) showed that the males are haploid and the females — diploid. The chromosome number in the cells of the male gonads is equal to that in the male somatic cells ($n = 5$), while the cells of the somatic tissues of females contain the diploid chromosome number ($2n = 10$).

Materials and Methods

The insect was bred in glass vials in a thermostat at the temperature of + 24 to + 25° C.

The food used for the adult insects was honey or sweet sugar syrup, with which the inner sides of the vials had been moistened.

The eggs were laid on the pupae of *Pieris brassicae* that were placed into the vials with females.

The line for the experiments was obtained by means of close inbreeding continued down to the 8th generation.

The mutation-producing agents used were the X-rays.

The irradiation by X-rays was carried out at the Röntgen laboratory of the State Institute of Metrology and Standardization under the following conditions: voltage 50 kV, current strength 4 mA, aluminium filter 1 mm thick.

The dosages used, expressed in Röntgen units (r), were as follows:

	Duration of exposure	Röntgen units (r)
a)	89 min.	4500
b)	82 „	4000
c)	70 „	3500

The stages irradiated were:

1. Adult virgin females on the second day after they had emerged from the host's pupae.

2. The pupae of *Pteromalus puparum* aged from one to three days, i. e. the pupae of *Pieris brassicae*, containing the pupae of *Pteromalus* at the age mentioned.

Besides this, a small number of the *Pieris* pupae, containing the larvae of *Pteromalus* at the age of 4 days, were irradiated for the purpose of detecting the most sensitive stage; these series of experiments, however, have resulted in an almost complete sterility of the females irradiated (74 to 100%), and for this reason were withheld from the general results and have not been included into the tables at all.

The Results of Irradiation

Each of the three dosages of irradiation used caused a considerable decrease in fecundity of the irradiated females. As shown in Table 1 (p. 97), the first series of experiments (irradiation of the forms) adult, the average number of males in the progeny of one irradiated female was 33; in the second series of experiments (irradiation of the pupae) it was 14.4, the average calculated for both series being 20, while in the control lots the number of males in the progeny of one female averaged 66.

The decrease of fecundity in the irradiated *Pteromalus* is due to partial sterilization of the females treated, caused by the destruction of the germ-cells (gametes).

Evidently the most affected by irradiation are the cells at the early stages of maturation (as shown by a comparison of the effect of irradiation of the larvae with the effect of irradiation of the pupae). The high death-rate among the larvae, the pupae, and the newly hatched adults that have not yet emerged from the *Pieris brassicae* pupae, is also a factor decreasing in number the progeny of irradiated individuals.

Very characteristic is the lethal effect of X-rays (and also of the radium irradiation) on the developing embryos.

By the time of the emergence of the wasps from *Pieris brassicae* pupae, a number of dead insects could be found as well as a considerable amount of living larvae. They survived for a few months, but proved unable to complete the metamorphosis and finally died.

The viability of the insects hatched from the eggs laid by the irradiated females was also considerably decreased, especially when greater dosages were used. Thus, the affected males born of females irradiated with the 4500 r dosage, usually survived for no longer than three days. The 4000 r dosage had similar results. The males born of females irradiated with the lowest dosage used — 3500 r — survived on an average for 10 to 15 days.

The duration of life in the progeny of the control insects under the same conditions is several months. As for the non-affected males born of the irradiated females, no data of their longevity were obtained, because unfortunately, they were not preserved.

Besides their low viability, the affected males were mostly sterile and owing to this, the hereditary nature of the variations obtained has not been studied more precisely.

Table 1 (p. 97) shows the results of irradiation by X-rays and the control data.

As may be seen from this table, the percentage of visible variations in the progeny of the irradiated females is thirty times as great as that in the progeny of the control females.

Visible variations recorded in the control

1) Dark legs . . . . . 1 case
2) Reduced eyes . . . . . 1 case
3) Shortened antennae . . . . . 2 cases
4) Abnormal wings . . . . . 3 cases

The inheritance of these abnormalities has not been tested owing to the sterility of the affected males in the control lots.

It seems probable, however, that all of them (except the dark-coloured legs) are not true mutations, but rather the non-hereditary variations or morphoses, caused by some disturbances in the development.

Similar variations were obtained in the irradiated as well as in the control lots, but in the irradiated lots there were a number of individuals with variations, the hereditary character of which was proved in the course of further studies of their progeny.

There were also a number of new characters, which have not been successfully tested by reason of the sterility of the affected males, but the hereditary nature of which is very probable.

In Table 2 a list of visible variations produced by X-rays is shown. The frequencies of these variations are also indicated.

Table 2

The list of new characters that have appeared in the progeny of the irradiated insects

New character	Frequency (Number of affected individuals)	New character	Frequency (Number of affected individuals)
1) White eyes	3 cases	9) Bar-shaped eye on one side of the head	2 cases
2) Red eyes	6 „	10) Double eyes	2 „
3) Pink eyes	1 „	11) Irregular ommatidia . .	2 „
4) Violet body colour (diluted pigmentation of the abdomen)	4 „	12) Absence of eyes (eyeless; defects in the head) . .	2 „
5) Dark-coloured legs . . .	11 „	13) Flattened head	2 „
6) Wide-spread wings ('seagull')	1 „	14) Abnormalities of the antennae (shortened, double-forked, etc., usually on one side of the head)	3 „
7) Other abnormalities of wings	17 „	15) Gynandromorphs . . .	2 „
8) Bar-shaped eyes	1 „	Total . . .	59 cases

Each of the affected males was crossed to 5—10 virgin females, but the females in most cases remained unfertilized, and for this reason the inheritance of the variations could not be studied.

The hereditary nature of the following characters was proved beyond doubt by means of suitable crossing: 1) red eyes (three males tested); 2) violet body colour (two males tested); 3) dark-coloured legs (5 males tested); 4) wide-spread — 'seagull' wings (1 male tested). One can hardly have any doubt as to such characters as the white-coloured or pink-coloured eyes being true mutations; the same is the case with the gynandromorphs.

As for the other variations, I should regard most of them rather as mere morphoses, than as hereditary mutations.

This investigation was carried out under the supervision of J. Lus, to whom I am much indebted for his help, valuable suggestions, and criticism throughout the study.

Summary

1) For the investigation of the problem of induced mutations, a new laboratory animal object was used, namely a parasitic wasp — *Pteromalus puparum*, endoparasite of the pupae of the cabbage butterfly *Pieris brassicae*.

Its high rate of reproduction, easy and simple breeding methods, and the haploidy of the males make it a very valuable object for this purpose.

2) Irradiation by X-rays of virgin females at the age of one day and of the pupae aged from one to three days produced a number of visible mutations.

3) The irradiation dosages used in the experiments (3500—4500 r) caused a significantly great sterility in the females irradiated and in their progeny.

The immature germ-cells are the most subject to the sterilizing effect of X-rays.

4) X-rays produce in *Ptero malus puparum* a high percentage of lethal mutations. The lethal effect of the treatment kills the insects at the larval and at the pupal stages as well as the newly hatched imagines. The X-rays treatment brings about a great retardation of metamorphosis, the physiological mechanism of which has not yet been studied.

Institute of Genetics,
Academy of Sciences of the USSR.
Leningrad.

Received
3. VIII. 1934.

ГЕНЕТИКА

А. А. ПРОКОФЬЕВА

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ХРОМОЗОМ *DROSOPHILA MELANOGASTER*

(*Представлено академиком ВУАН А. А. Сапегиным 25 VI 1934*)

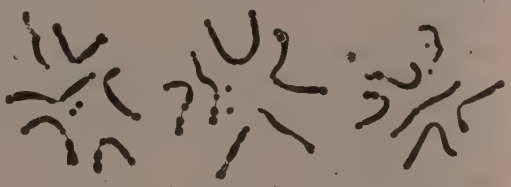
Настоящее исследование было предпринято, во-первых, с общей целью проверить распространяются ли на хромозомы насекомых закономерности строения и изменения, установленные для хромозом растений (Левитский, 1931) и для хромозом некоторых позвоночных (Прокофьева, 1934, Трофимов и Соколов, 1933 и др.) и, во-вторых, специально проверить правильность имеющихся данных о морфологическом строении хромозом *Drosophila melanogaster* (Bridges, 1927; Kaufmann, 1933; Heitz, 1933).

I. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. *X*-хромозома. *X*-хромозома *Dr. melanogaster* имеет хорошо выраженную терминальную первичную перетяжку, отделяющую от длинного плеча хромозомы маленькую головку. Так как к первичной перетяжке прикрепляется нить веретена, головка, расположенная на правом конце *X*-хромозомы всегда направлена к центру метафатической пластинки. Длинное плечо *X*-хромозомы после фиксации слабой смесью хром-формола состава „5—5“ отчетливо расчленяется на две приблизительно равные части: правую проксимальную, сильно красящуюся гематоксилином и

левую дистальную, удерживающую гематоксилин непрочно, благодаря чему эта часть является в большинстве случаев очень слабо окрашенной, а при более сильной дифференцировке, вообще едва заметной. В том месте, где находится граница между окрашенной и неокрашенной частью, *X*-хромозома часто сильно изогнута, как будто вязкость ее вещества в этих двух участках различна. На одной трети длины от проксимального конца в окрашенной части *X*-хромозомы находится не всегда отчетливо выраженная вторичная перетяжка.

2. *Y*-хромозома. *Y*-хромозома является сильно неравноплечей хромозомой. Короткое плечо ее отделено от длинного ясно выраженной первичной перетяжкой. Длинное плечо *Y*-хромозомы имеет субтерминальную вторичную перетяжку, отделяющую от дистального конца довольно крупный членик. Короткое плечо имеет более утолщенный дистальный конец, соединенный с длинным плечом, иногда очень тонкой проксимальной частью, благодаря чему *Y*-хромозому можно рассматривать как хромозому со спутником, который на обычно фиксированных препаратах виден лишь как утолщение короткого плеча. Описанное строение *Y*-хромозомы обнаруженное после фиксации хром-формолом совпадает как со структурой описываемой Гейтцом, так и с *Y*-хромозомой, приводимой в работе Кауфманн после фиксации ацет-кармином.



Фиг. 1. Abb. 1. Фиг. 2. Abb. 2. Фиг. 3. Abb. 3.

3. V-образные хромозомы. Первая пара (фиг. 1 справа внизу, фиг. 2 слева). Медиально расположенная первичная перетяжка делит хромозому на два равных плеча. Одно из плеч имеет вторичную перетяжку, расположенную недалеко от конца, и отделяющую от плеча, дистально расположенную головку и менее отчетливо выраженную перетяжку на одной пятой длины хромозомы от точки прикрепления нити веретена.

Другое плечо имеет две отчетливо выраженных (после фиксации крепким хромформолом состава „6.4“) вторичных перетяжки. Первая расположена приблизительно на одной пятой длины хромозомы недалеко от первичной перетяжки и отделяет маленькую проксимальную головку, которой начинается это плечо. За головкой следует длинный (приблизительно $^1/_4$ длины этого плеча) ахроматический перерыв, в некоторых случаях представленный тонкой бледной нитью. Дистальный конец этого плеча состоит из двух небольших круглых сегментов, отделенных друг от друга вторичной перетяжкой.

4. Вторая пара V-образных хромозом резко отличается от описанной выше пары отсутствием столь богато выраженного расчленения. Каждое из плеч имеет по одной вторичной перетяжке, расположенной близко к первичной (точка прикрепления нити веретена) и отделяющей от длинного плеча небольшую проксимальную головку. Другая перетяжка, в различной степени выраженная на разных хромозомах, отделяет небольшую головку от конца каждого из плеч.

5. IV-хромозома имеет вид обычно описываемых круглых микрохромозом. Иногда можно наблюдать их несколько овальную форму. Весьма вероятно, что они по сути являются бисквитообразными, имея где-то на своем теле перетяжку, к которой прикрепляется нить веретена, и которая

трудно различима, благодаря незначительным размерам этой хромозомы. Овальную форму микрохромозом можно видеть и на некоторых рисунках к работе Кауфманн (1933).

II. ОБСУЖДЕНИЕ

Совпадение основных данных настоящего кариологического исследования *Drosophila melanogaster* с данными, полученными при иной цитологической методике Кауфманном, Добржанским и Гейтцом, говорит за обнаружение истинных морфологических структур хромозом этого вида.

Морфологическое расчленение хромозом *Drosophila* представляет интерес в трех отношениях: во-первых, факт установления первичного и вторичного расчленения на хромозомах одного из представителей *Diptera* еще раз подтверждает правильность гипотезы, согласно которой строение хромозом животных подчинено тем же основным закономерностям, которые были установлены для хромозом растений (Левитский, 1931).

Во-вторых, выявленное расчленение аутозом, ясное структурное различие II пары от III, дает в руки цитогенетической практике точный критерий для идентификации этих хромозом, как в нормальных пластинках, так и на материале инверсий, транслокаций и др. хромозомальных перегруппировок.

В третьих, совершенно особый интерес представляет выявленная цитологическая дифференцировка по длине *X*-хромозомы, проявляющаяся в различной способности правого и левого конца удерживать гематоксилин. Несомненно, что это микроскопически видимое структурное различие правого и левого конца *X*-хромозомы является проявлением внутренней дифференцировки вещества *X*-хромозомы по ее длине. Этот факт приобретает особую важность в связи с установлением Меллером и Пайнтером (1932) генетической дифференцировки *X*-хромозомы на правую инертную часть, содержащую 1—2 гена и левую — активную, заключающую в себе большинство известных до сих пор генов *X*-хромозомы.

В связи с полученными результатами представляют большой интерес взгляды Гейтца. На основании как своих работ с различными видами *Drosophila*, так и более ранних исследований некоторых растений он приходит к выводу, что в клеточном ядре необходимо различать два „хроматина". Вещество, обусловливающее резкую окраску делящихся хромозом, представляет по Гейтцу „генетически пассивный" хроматин или „гетерохроматин". В так называемом „покоящемся ядре", представляющем в действительности генетически деятельное его состояние, этот хроматин в большей своей части исчезает, освобождая не красящийся, но как раз генетически активный „*эу*-хроматин".

Распределение генов в хромозомах *Dr. melanogaster* по мнению Гейтца подтверждает его взгляд на *эу*-хроматин, как вещество, заключающее в себе наследственный материал организма.

Точка зрения Гейтца на *эу*-хроматин, как материал, содержащий гены, кажется нам недостаточно убедительной, так как данные последних лет все более говорят в пользу точки зрения, что вообще хроматин непосредственного отношения к генному материалу не имеет. Гены, повидимому, непосредственно связаны с внутренней белковой скелетной нитью хромозомы, на которой адсорбируется хроматин в зависимости от внутренних свойств этой нити. Белковые скелетные нити хромозом, как показал Эллингорн (1934) сохраняют генетическую преемственность от одного клеточного деления до другого, являясь морфологически непрерывными, тогда как хроматин является веществом, появляющимся и исче-

зающим в зависимости от стадии клеточного развития, что особенно хорошо можно проследить на различных фазах гаметогенеза.

По исследованиям Элленгорна как гетрохроматин, так и *eu*-хроматин одинаково дают реакцию после Фельгена на тимо-нуклеиновую кислоту, что указывает на общность их химического состава, тогда как скелетная нить хромозомы дает характерную реакцию на белок.

Морфологическое строение и дифференциальная окраска хромозом являются повидимому внешним выражением внутренних свойств белковой скелетной нити хромозомы по ее длине.

Институт генетики
Академии Наук СССР.
Ленинград.

Поступило
25 VI 1934.

GENETIK

MORPHOLOGISCHE STRUKTUR DER CHROMOSOMEN VON *DROSOPHILA MELANOGASTER*

Von A. PROKOFJEVA

(*Vorgelegt von A. Sapehin, Mitglied der ukrainischen Akademie, d. 25. VI. 1934*)

Vorliegende Untersuchung wurde unternommen, erstens, um allgemein festzustellen, ob die Gesetzmässigkeiten der Struktur und der Veränderungen, die an den Chromosomen der Pflanzen (Lewitsky, 1931), sowie einiger Wirbeltiere [Fische und Amphibien (Prokofieva, 1931); Aves (Trofimoff und Sokoloff, 1933); Nagetiere (Butarin, 1934)] beobachtet wurden, auch für die Chromosomen der Insekten gelten; zweitens, um speziell die Richtigkeit der Ergebnisse über die morphologische Struktur der Chromosomen von *Drosophila melanogaster* nachzuprüfen. (Bridges, 1927; Kaufmann, 1933; Heitz, 1933).

I. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

a) *X*-Chromosom. Das *X*-Chromosom von *Drosophila melanogaster* hat eine gut ausgesprochene terminale primäre Einschnürung, welche vom langen Chromosomarm ein sehr kleines Köpfchen abtrennt. Da sich an die primäre Einschnürung die Spindelfaser inseriert, ist das genannte Köpfchen, das sich am rechten Ende des *X*-Chromosoms befindet, stets aufs Zentrum der metaphatischen Platte zugerichtet. Aus Beobachtungen an zahlreichen Platten ist zu ersehen, dass die Grösse des Köpfchens etwas variiert. Der lange Achselchromosomarm erscheint nach Fixation mittels schwacher Mischung von Chrom-Formol „5—5“ deutlich in zwei ungefähr gleiche Teile zergliedert: den rechten, proximalen, sich mit Hämatoxylin stark färbenden Abschnitt und den linken distalen Abschnitt, der vom Hämatoxylin meistens sehr schwach gefärbt wird und bei starker Differenzierung überhaupt kaum sichtbar ist (Abb. 1). An der Grenze des gefärbten und des ungefärbten Teiles, ist das *X*-Chromosom oft stark gebogen, als sei seine Viscosität in diesen beiden Teilen verschieden. Um $^1/_3$ der Chromosomlänge von Proximalende entfernt befindet sich in dem gefärbten Teile des *X*-Chromosoms eine nicht immer deutlich ausgedrückte sekundäre Einschnürung.

b) Das *X*-Chromosom erscheint als stark ungleicharmig. Der kurze Arm ist von dem langen durch eine deutlich ausgeprägte primäre Einschnürung abgegrenzt. Der lange Arm des *Y*-Chromosoms besitzt eine

subterminale sekundäre Einschnürung, die vom distalen Ende ein recht grosses Segment abtrennt. Der kurze Arm hat ein dickeres distales Ende, welches durch einen zuweilen sehr feinen proximalen Teil mit dem langen Arm verbunden ist (Abb. 2, 3), weshalb das *Y*-Chromosom als ein Chromosom mit einem Trabanten betrachtet werden kann, welcher an den mit gewöhnlichen Methoden fixierten Präparaten nur als eine Verdickung des kurzen Arms erscheint.

Die beschriebene Struktur des *Y*-Chromosoms, die wir nach Fixierung mit Chrom-Formol entdeckten, stimmt mit der von Heitz beschriebenen überein, sowie auch mit der Struktur des *Y*-Chromosoms nach den Abbildungen Kaufmanns.

c) V-förmige Chromosomen. Erstes Paar. (Abb. 1, 2, 3). Eine mediale primäre Einschnürung teilt das Chromosom in zwei gleiche Arme. Einer von ihnen hat eine sekundäre Einschnürung, die weit vom Ende liegt und ein distalgelegenes Köpfchen vom Arme abtrennt, und eine weniger deutlich ausgedrückte Einschnürung, auf $^1/_5$ der Chromosomlänge vom Insertionspunkt der Spindelfaser. Der andere Arm hat zwei (nach Fixation mit starker Chrom-Formolmischung „6—4“) deutlich ausgedrückte sekundäre Einschnürungen. Die erste liegt ungefähr auf $^1/_5$ der Chromosomlänge, unweit von der primären Einschnürung und teilt ein kleines proximales Köpfchen ab, mit welchem dieser Arm beginnt. Diesem Köpfchen folgt ein langes (ungefähr $^1/_4$ der Länge dieses Arms), achromatisches Zwischenstück, das in einigen Fällen durch einen dünnen blassen Faden dargestellt wird. Das distale Ende dieses Armes besteht aus zwei nicht grossen abgerundeten Segmenten, die voneinander durch eine sekundäre Einschnürung getrennt sind. Infolge von „somatic paving“ kann man oft diese Arme beider homologen Chromosomen nebeneinander liegen sehen.

d) V-förmige Chromosomen. Zweites Paar. (Abb. 1, 2, 3). Unterscheidet sich scharf von dem obenbeschriebenen Paar durch Abwesenheit der dort so reichlich vorhandenen Gliederung. Jeder Arm besitzt je eine sekundäre Einschnürung, welche nahe an der primären liegt und ein kleines proximales Köpfchen vom langen Arm trennt, sowie auf verschiedenen Chromosomen verschieden ausgeprägte Köpfchen am Ende eines jeden Armes.

e) Das *IV*-Chromosomenpaar sieht wie die gewöhnlich beschriebenen runden Mikrochromosomen aus. Zuweilen kann man beobachten, dass sie eine etwas ovale Form haben. Es ist sehr wahrscheinlich, dass sie im Grunde genommen bisquitförmig sind und an ihrem Körper irgendwo eine primäre Einschnürung haben, an welche sich der Faden der Spindel inseriert und welche wegen der geringen Grösse des Chromosoms schwer zu unterscheiden ist.

II. ALLGEMEINES

Die Übereinstimmung der Grundergebnisse der vorliegenden speziellen karyologischen Untersuchung mit den nach anderer zytologischen Methodik erhaltenen Ergebnissen von Kaufmann, Dobzhansky und Heitz spricht für den Nachweis von wirklichen morphologischen Chromosomenstrukturen bei der *Drosophila melanogaster*.

Die morphologische Gliederung der Chromosomen von *Drosophila melanogaster* bietet ein dreifaches Interesse:

1) das Vorhandensein von primärer sowie sekundärer Gliederung der Chromosomen bei Vertretern der *Diptera* bestätigt noch einmal die Richtigkeit der Hypothese, laut welcher die Struktur der Tierchromoso-

men denselben Gesetzmässigkeiten unterworfen ist, wie die der Pflanzenchromosomen (Lewitsky, 1931).

2) Die Feststellung einer Gliederung bei den Autosomen, ferner, ein deutlicher Strukturunterschied des einen Autosomenpaares von dem anderen gibt für die zytologische Praxis ein genaues Kriterium zur Identifikation dieser Chromosomen sowohl in normalen Chromosomenplatten, als auch bei Inversionen, Translokationen und anderen chromosomalen Umgruppierungen, was bis heute nur auf Grund unbedeutender Grössenunterschiede dieser Chromosomen erzielt werden konnte.

3) Bietet ein ganz besonderes Interesse die klargestelte zytologische Längendifferenzierung des X-Chromosoms, die ein verschiedenes Färbungsvermögen des rechten und linken Teiles mit Hämatoxylin aufweist. Unzweifelhaft stellt dieser mikroskopisch sichtbare Unterschied des rechten und linken Endes des *X*-Chromosoms eine Äusserung einer innerer Differenzierung des *X*-Chromosomstoffes der Länge des Chromosoms nach dar.

Diese Tatsache erscheint besonders wichtig in Verbindung mit der von Muller und Painter (1932) festgestellten genetischen Differenzierung des *X*-Chromosoms in einen rechten inerten Teil, der nur 1—2 Gene enthält, und einen linken, aktiven, welcher die meisten bis jetzt bekannten Genen des *X*-Chromosoms enthält. Vom theoretischen Standpunkte aus bieten die Ansichten von Heitz ein grosses Interesse. Auf Grund seiner Arbeiten mit verschiedenen *Drosophila*-Arten, besonders mit *Drosophila melanogaster*, wie auch auf Grund seiner früherer Untersuchungen der Lebermoose und einiger höheren Pflanzen zieht er die Schlussfolgerung, dass im Zellenkern zweierlei „Chromatine" unterschieden werden müssen.

Der Stoff, welcher eine starke Färbung der sich zerteilenden Chromosomen bedingt, ist nach Heitz ein genetisch passives „Chromatin" oder „Heterochromatin". Im sogenannten „ruhenden" Zustande des Kerns, der in Wirklichkeit seine genetische Aktivität darstellt, verschwindet der grösste Teil dieses Chromatins und befreit das sich nicht färbende, aber genetisch gerade aktive „*Eu*-Chromatin". Deshalb, meint Heitz, ist die Verteilung der Gene in den Chromosomen von *Drosophila melanogaster* eine Bestätigung seiner Ansicht über das *Eu*-chromatin als einen Stoff, der das Vererbungsmaterial des Organismus enthält.

Die Ansicht von Heitz über das *Eu*-chromatin als genenenthaltendes Material scheint uns nicht überzeugend genug, denn die Ergebnisse der letzten Jahre sprechen immer mehr für die Ansicht, dass das Chromatin überhaupt in keiner direkten Beziehung zum Genenmaterial steht. Die Gene sind allem Anschein nach direkt mit dem inneren Eiweiss-Skelettfaden des Chromosoms verbunden, auf welchem sich das Chromatin entsprechend den inneren Eigenschaften des Fadens verteilt.

Die morphologische Gliederung sowie die differentiale Färbung der Chromosomen sind offenbar der äusserliche Ausdruck innerlicher Eigenschaften des Skelett-Eiweissfadens der Chromosomen. Diese Eigenschaften sind in der Längsrichtung des Fadens verschieden und hängen wahrscheinlich auf irgendeine Weise mit der Verteilung des Genenmaterials auf demselben zusammen.

Eine genauere Untersuchung dieser Frage in der nächsten Zeit ist sehr erwünscht.

Ich spreche meinen innigsten Dank Prof. Sokolow, Prof. Lewitsky und Dr. Muller aus für ihre Kritik und ihre Hilfe bei meiner Arbeit.

Institut für Genetic der
Akademie der Wissenschaften der UdSSR.
Leningrad.

Eingegangen
d. 25. VI. 1934.

М. Л. БЕЛЬГОВСКИЙ

ВЛИЯНИЕ ГИБРИДИЗАЦИИ НА МУТАБИЛЬНОСТЬ ГЕНА WHITE *DROSOPHILA SIMULANS*

(*Представлено академиком ВУАН А. А. Сапегиным 3 VIII 1934*)

Ускорение мутационного процесса под влиянием X-лучей, открытое Меллером ([7—8]), дает возможность изучения действия на этот процесс более слабых факторов, эффект которых на медленно идущий спонтанный мутационный процесс обнаружить практически невозможно. Наименее изученными из подобных факторов являются факторы физиологические в широком смысле этого слова и, в особенности, факторы генетические. Изучению действия этих последних посвящено собственно лишь одно специальное исследование Тимофеева Рессовского ([14]), если не считать ряда работ Демерека ([1—6]), имевшего дело со специальными, высоко-мутабильными генами. Тимофеев-Рессовский поставил вопрос о влиянии генотипа двух различных географических рас дрозофилы на мутабильность локуса white и получил отрицательный результат.

Влияние на мутабильность другого генетического фактора, а именно, изменения порядка генов в хромозоме, было изучено Меллером ([9]) и также с отрицательным результатом. Наконец отсутствие влияния генотипа на мутабильность следует повидимому и из факта нахождения разными авторами, работавшими с весьма различными линиями *D. melanogaster*, одного и того же процента летальных мутаций при применении одинаковой дозы X-лучей. Однако все эти данные еще не доказывают отсутствия влияния на мутационный процесс более сильных изменений генотипа, как например межвидовой гибридизации. Разрешению этого вопроса и посвящена настоящая работа.

В качестве объекта исследования были взяты гибриды *Drosophila melanogaster* и *Drosophila simulans*. Полная стерильность этих гибридов исключает возможность изучения у них генеративных мутаций и это определяет методику работы. В качестве мерила мутабильности была взята частота соматических мутаций окраски глаза у гибридных самцов и самцов *D. simulans*. Гибридные самцы имеют X-хромозому *D. simulans*, а не *D. melanogaster* ([18]), поэтому частота соматических мутаций у них должна сравниваться с частотой соматических мутаций у самцов *D. simulans*. В качестве контроля служили самки *D. simulans* из тех же культур, что и *D. simulans* самцы. Благодаря наличию у самок двух X-хромозом, вероятность появления у них рецессивных соматических мутаций ничтожно мала, и поэтому все наблюдавшиеся у самцов изменения, сходные с изменениями, имевшими место у самок, относились к ненаследственным морфозам.

Наблюдавшиеся у самцов изменения окраски глаз заключались всегда в той или иной степени обесцвечивания фасеток и зависили, повидимому от различных мутаций локуса white.

Рентгенизации подвергались яйца и личинки, главным образом последние, в возрасте от 0 до 90 часов, считая с момента откладки яиц самкой. Применялась почти исключительно доза 3200 r.

В течение первой половины опытов, количество просмотренных гибридных и *D. simulans* самцов разных возрастов не было в точности одинаковым. Это обстоятельство привело к необходимости при обработке

результатов вводить поправки на возраст и общее количество мух. Количество возникающих мутаций прямо пропорционально числу клеток в зачатках глаз в момент облучения. Это число зависит от количества и возраста облученных мух. Оно прямо пропорционально количеству мух и находится в степенной зависимости от их возраста. Поэтому, кроме поправки на число мух, должна вноситься поправка на возраст. Если средний возраст в двух сравниваемых сериях различен и разница равна D, то поправочный коэффициент равен антилогарифму $\frac{D \lg 2}{12}$, так как из данных Паттерсона ([12]) следует, что количество клеток в зачатке глаза удваивается приблизительно через каждые 12 часов. Некоторые опыты были проведены при дозе 2400 r. и при включении их в общую сводку сделана поправка на дозу, исходя из прямой пропорциональности между дозой и количеством мутаций ([6,9—10]).

Независимым от возраста индексом частоты мутаций может служить процент мутировавших фасеток, однако для сравнения мутабильности в разных сериях этот индекс не годится, ввиду его подверженности очень большой ошибке. Ошибка этого процента зависит от ошибки общего числа мутировавших фасеток, это же последнее подвержено ошибкам, происходящим из двух различных источников. Во-первых ошибка общего числа мутировавших фасеток зависит от ошибки числа мутаций, во-вторых, она зависит от ошибки среднего числа мутировавших фасеток в одной мутации. Комбинация этих двух ошибок и приводит к очень большой ошибке общего числа мутировавших фасеток.

Процент мутировавших фасеток в сравниваемых сериях при дозе 3200 r и ошибки этого процента, вычисленные по способу, предложенному проф. Меллером, приводятся в табл. 1.

Таблица 1—Table 1

	% мутир. фасеток и его ошибка % of facets mutated and corresponding error	Разница в % мутир. фасет. и ее ошибка Difference in % of facets mutated and corresponding error
Гибриды. Hybrids . . .	0.0159 ± 0.0032	0.0039 ± 0.0040
D. Simulans	0 0120 ± 0.0024	

Из этой таблицы видно, что никакой разницы между сравниваемыми сериями этим методом обнаружить не удается, ибо метод слишком неточен.

Второй путь обработки результатов состоит в непосредственном сравнении числа мутаций в обеих сериях после внесения вышеупомянутых поправок. Точность этого способа значительно больше, так как здесь ошибка разницы имеет лишь один источник, — ошибку числа мутаций. На табл. 2 представлены результаты подобной обработки полученных данных. В последней графе таблицы указана вероятность случайного получения подобного результата в случае отсутствия влияния гибридизации на мутабильность.

Из этой таблицы видно, что число мутаций у гибридов приблизительно в 1.5 раз больше числа их у *D. simulans* и вероятность случайного получения подобного результата при отсутствии различий в мутабильности довольно невелика. Такова же вероятность отклонения полученных

Таблица 2—Table 2

Число гибридных ♂♂ Number of hybrids ♂♂	Число *Simulans* ♂♂ Number of *Simulans* ♂♂	Число мутаций Number of mutations		Разница, деленная на сред. ошибку Difference divided by its standard error	Вероятность случайного получения результатов Probability of results due to chance
		Гибриды Hybrids	*D. Simulans*		
3063	3132	62.7	42.3	1.99	1:20.6

данных в противоположном направлении от предполагаемого истинного отношения, при котором мутабильность гибридов была бы вдвое выше мутабильности чистого вида. Иными словами, эти данные показывают, что одинаково мало вероятно, как предположение об увеличении, благодаря гобридизации, мутабильности вдвое, так и предположение о полном отсутствии влияния гибридизации.

Этим устанавливаются вероятные пределы влияния гибридизации *D. simulans* и *D. melanogaster* на мутабильность гена white первого из этих видов.

На основании изложенных здесь данных, а также данных других авторов упомянутых в начале работы, кажется вероятным, что гибридизация не может значительно увеличить скорость спонтанного мутационного процесса и, с этой точки зрения, вряд ли может рассматриваться как существенный фактор естественного эволюционного процесса.

Институт генетики
Академии Наук СССР.
Ленинград.

Поступило
3 VIII 1934.

GENETICS

HYBRIDIZATION EFFECT ON MUTABILITY OF THE WHITE GENE IN *DROSOPHILA SIMULANS*

By M. BELGOVSKIJ

(*Communicated by A. Sapehin, Member of the Ukrainian Academy, 3. VIII. 1934*)

Muller's discovery of a method of increasing the mutation rate by the action of X-rays ([7—8]) makes it possible to examine the influence of the weak agents on this process, the effect of which on the slow spontaneous mutation rate is in practice very difficult to estimate. Till now physiological factors have been studied very little and especially genetic factors in their broadest sense. As to the latter, Timoféeff-Ressovsky's investigation is the only extensive one dealing with this problem ([14]). The results obtained by Demerec ([1—6]) can hardly be taken into account, because he was dealing with genes of a peculiar kind, having a high mutability. Timoféeff-Ressovsky studied the problem of the influence of the genotype of two different geographical races of *D. melanogaster* on the mutability of the white gene and obtained negative results.

The influence on the mutation process of another factor, namely, the rearrangement of the gene order in the chromosome, was studied by Muller ([9]). This study also showed negative results.

Finally, the lack of influence of the genotype on the mutability follows from the fact that many authors dealing with quite different lines of *Drosophila melanogaster* in their mutational works obtained the same percentage of lethal mutations when applied an equal X-ray dosage.

All these data, however, fail to prove the absence of the influence on the mutation process of stronger genotypical changes, such as for example the interspecies hybridization. The present work is devoted to the latter problem. Hybrids of *D. melanogaster* and *D. simulans* were taken as material for this work. Owing to the complete sterility of these hybrids, it was not possible to study the mutations in their germ-cells. The frequency of somatic mutations of eye colour in hybrid males and in *D. simulans* males was taken as a measure of the mutation rate. Hybrid males obtain their *X* chromosome from *D. simulans*, but not from *D. melanogaster* ([13]). Therefore, the frequency of somatic mutations in these males must be compared with that in *D. simulans* males. *D. simulans* females served as controls. They were always raised from the same culture bottles as *D. simulans* males. Since the females have two *X* chromosomes, it is very improbable that recessive somatic mutations will appear in them. Accordingly, all the changes which were noticed among the males, similar to those among the females, were considered a 'morphosis' not genetic in origin.

The eye colour changes noticed in males consisted of a lightening to different degrees of facet colour, and apparently depended in most cases upon different mutations of the white locus. X-ray treatment was applied to the eggs and larvae, the latter being more numerous and varying in age from 0 to 90 hours after laying. X-ray dosages used were nearly always equal to 3200 r.

During the first half of the experiments, the numbers of hybrid and of *D. simulans* males examined were not quite equal in relation to their age. This led to the necessity of effecting corrections for the age and total number of flies. The number of mutations arising must be proportional to the number of cells in the eye rudiments at the moment of treatment. This number depends upon the number and age of the treated flies, varying proportionally to the number of individuals and being an exponential function of the age. Consequently, besides a correction for the whole number of flies, it is also necessary to make a correction for their age. If the mean age of two series compared is different, this difference being equal to D, the correction coefficient will be equal to the antilogarithm of $\frac{D \lg 2}{12}$ since the data of Patterson showed ([12]) that the number of cells in the eye rudiment increases approximately as many as twice during each 12-hour interval. Several experiments were performed with a dosage of 2400 r, and the data obtained were also included in the total, with the corresponding correction based on the proportionality existing between the dosage and number of mutations arising ([6,9,10]).

The percentage of facets mutated may be considered an index of the mutation rate independent of age. However, this index cannot be used for comparing the mutability in the different series, since it is subject to a very high error. The error in this percentage depends on the error of the whole number of facets mutated. This latter, in its turn, depends on the errors arising from two different sources. Firstly, the error in the

total number of facets mutated depends on the error in the number of mutations and secondly it depends on the error in the mean number of facets mutated in each mutation. The combination of these two errors leads to a large error in the total number of facets mutated.

The percentage of facets mutated in the series under consideration by means of X-ray dosage of 3200 r and the errors in this percentage, calculated according to Dr. Muller's formula, are given in Table 1 (p. 109).

The table shows that there is no difference between the series, and these results are certainly due to the inaccuracy of the method applied.

Another way of estimating these figures is by direct comparison of the number of mutations in each series, after introducing the above-mentioned corrections. This latter method is far more exact than the former, since the error in the difference here has only one source, namely, the error in the number of mutations. The data calculated according to this method are given in Table 2. (p. 110). In the last column of this table, the probability of obtaining these results by chance in the absence of an influence of hybridization on the mutability of the gene in question, is given. Table 2 shows that the number of mutations in hybrid males is nearly 1.5 times as high as in the case of *D. simulans* males, and the probability of obtaining such results by chance, if the rates were really the same, is comparitively low. There is an equal probability of the data representing a deviation in the opposite direction on the basis of an expectation of a mutation rate for the hybrids that was twice as great as for pure species. That is to say, the figures show that it is just as improbable for hybridization to have doubled the mutation rate as for hybridization not to have influenced the mutation rate at all. These figures therefore show the probable limits of the influence of hybridization of *D. simulans* and *D. melanogaster* on the mutability of the white gene of the former species. As a result of the data here presented, taken in connexion with previous works referred to in the introduction, it seems probable that hybridization cannot increase the spontaneous mutation rate to a significant degree and it therefore can hardly be considered from this point of view as playing an important role in the evolutionary process in nature.

Institute of Genetics,
Academy of Sciences of the USSR.
Leningrad.

Received
3. VIII. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

[1] M. Demerec. Proc. Nat. Acad. Sci., 12, 687—890, 1926. [2] Idem. Anat. Rec., 34, 169—170, 1926. [3] Idem. Genetics, 13, 359—388, 1928. [4] Idem. Verh. V Inter. Congr. Vererb., 1, 1928. [5] Idem. Proc. Nat. Acad. Sci., 15, 834—838, 1929. [6] B. Hanson and Heys. Amer. Natur., 63, 201—213, 1929. [7] H. J. Muller. Science, 64, 84—87, 1927. [8] Idem. Verh. V Intern. Congr. Vererb., 1, 284—260, 1928. [9] Idem. Amer. Natur., 64, 220—251, 1930. [10] C. P. Oliver. Science, 71 : 44—46, 1930. [11] Idem. ZS. Ind. Abst. Vererb., 67, 447—488, 1932. [12] J. T. Patterson. Journ. Exp. Zool., 58, 327—372, 1929. [13] A. H. Sturtevant. Genetics, 5, 488—500, 1920. [14] N. W. Timoféeff-Ressovsky. Biol. Zbl., 52, 462—476, 1932.

Поправка. В № 6 Докладов Акад. Наук (1934, т. III) в подписи к статье В. Фабриканта и В. Пульвера на стр. 438 вместо „Ленинградский электротехнический институт“ следует „Всесоюзный электротехнический институт. Москва“.

Berichtigung. In № 6 dieser Zeitschrift (1934, Bd. III) soll am Ende des Aufsatzes von Fabricant und Pulver, S. 442, anstelle von „Elektrotechnisches Institut. Leningrad“ stehen „Elektrotechnisches Institut der UdSSR. Moskau“.